Untersuchungen

über die

Proteinkrystalloide der Pflanzen.

INAUGURAL-DISSERTATION

der

Mathematischen und Naturwissenschaftlichen Facultät

der

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

A. F. W. SCHIMPER

aus Strassburg i./E.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

STRASSBURG

Universitäts-Buchdruckerei von Johann Heinrich Eduard Heitz

Schlauchgasse, 5.

1878.

48

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552717_0108

Einleitung.

Im Jahre 1855 erschien eine Arbeit von Hartig[1], in welcher dieser Botaniker die wichtige Entdeckung bekannt machte, dass die Proteinsubstanzen der Pflanzensamen in Form von rundlichen festen Körnern und nicht etwa, wie es bisher angenommen worden war, einen Brei bildend, auftreten; diese Körner waren zum Theil, wegen ihrer Aehnlichkeit mit Stärkekörnern, zum Theil auch wegen ihrer grossen Löslichkeit in Wasser, den früheren Beobachtern entgangen. Hartig nannte diese Substanz, wegen der besagten Aehnlichkeit mit Stärkemehl, Aleuron oder Klebermehl; in einem im Jahre 1856 erschienenen[2] grösseren Aufsatze vervollständigte er seine Angaben und beschrieb Aleuronkrystalle; er gibt bereits eine Anzahl Samen an, unter anderen, die in dieser Hinsicht berühmt gewordenen von Bertholletia excelsa (Paranüsse), wo solche auftreten. Sein im Jahre 1858 erschienenes grosses Werk über den Pflanzenkeim[3] enthält Beschreibungen und Figuren einer Anzahl Aleuronkrystalle.

[1] Bot. Zeitung, 1855.

[2] Bot. Zeit., 1856.

[3] Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeimes, 1858.

Diese Entdeckung gab zu zahlreichen Untersuchungen Anlass: In diesem selben Jahre 1858 erschienen Aufsätze von v. Holle[1] und von Trécul[2], welche den Entdeckungen Hartig's nur weniges hinzufügten.

Im Jahre 1859 erschienen die ausführlichen Untersuchungen von Radlkofer[3] und von Maschke[4].

Radlkofer's Verdienst ist hauptsächlich das, dass er auf die Aehnlichkeiten der Aleuronkrystalle (Proteinkrystalle) mit dem Hæmatokrystallin und den Dotterplättchen aufmerksam machte; seine Arbeit enthält ausführliche Beschreibungen der von ihm entdeckten Proteinkrystalle aus den Zellkernen von Lathræa squamaria sowie der Aleuronkrystalle von Sparganium ramosum, Bertholletia excelsa, Ricinus communis, des Hæmatokrystallins, der Dotterplättchen des Karpfens, des Frosches, der Schildkröte; die Quellungserscheinungen, diese merkwürdige Eigenschaft der Krystalloide, sind bereits von ihm der Gegenstand einiger Angaben gewesen.

Maschke's Arbeit ist besonders als erster Versuch einer chemischen Untersuchung der Aleuronkrystalle interessant. Dieser Forscher hielt dieselben für eine Verbindung von Casein mit einer Säure; es gelang ihm durch Abdampfen einer wässerigen Lösung der Aleuronkrystalle der Paranuss eine krystallisirte oder krystallähnliche Substanz darzustellen, welche von Radlkofer und später von Nägeli als identisch mit den natürlichen Aleuronkrystallen betrachtet wurde.

[1] Neues Jahrb. für Pharmacie 1858 u. 1859.

[2] Trécul, Comptes rendus de l'Ac. des sc., T. XLVII, u. Ann. des sc. nat., 1858.

[3] Radlkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper. Leipzig 1859.

[4] Bot. Zeit., 1859.

Im Jahre 1860[1] veröffentlichte Cohn seine Untersuchungen über die Proteinkrystalle aus der Kartoffel. Cohn ist der erste, welcher die Imbibitionsfähigkeit, diese charakteristische Eigenschaft organisirter Körper, bei den Krystalloiden klar erkannt und darin einen grossen Unterschied von den ächten Krystallen gesehen hat; er hat ausserdem die wichtige Beobachtung gemacht, dass die Löslichkeit der Krystalloide der Kartoffel von der Mitte nach der Peripherie allmälich abnimmt. Im Jahre 1862 erschien Nägeli's klassische Arbeit über die Krystalloide der Paranuss[2], die wichtigste, die über unseren Gegenstand bis jetzt bekannt ist, indem sie nämlich die physikalischen Eigenschaften am vollständigsten behandelt. Nägeli sah sich durch die tiefgreifenden Abweichungen der physikalischen Eigenschaften der krystallähnlichen Proteinsubstanzen von den ächter Krystalle veranlasst dieselben von diesen zu trennen um sie mit den organisirten Körpern zu vereinigen; er bezeichnete sie als Krystalloide. Seine Ansicht wurde seitdem durch die meisten Botaniker, namentlich auch von Sachs in seinem Lehrbuche der Botanik, vertreten. Ich will daher an dieser Stelle ein etwas vollständigeres Résumé dieser wichtigen Arbeit geben.

Die Hauptunterschiede zwischen Krystallen und Krystalloiden sind nach Nägeli im wesentlichen folgende:

1) Die Unbeständigkeit der Winkel: Winkel, welche nach den Gesetzen des Baues krystallisirter Körper gleich sein würden, weichen von einander um mehrere Grade ab; auch ändern die Winkel ihre Werthe mit dem Medium in welchem die Krystalloide liegen.

[1] 37ter Jahresb. der schles. Ges. für vaterl. Cultur. Breslau 1860.

[2] Nägeli, Botan. Mittheilungen, Band I, Seite 217. 1862.

2) Die Krystalloide sind imbibitionsfähig; sie quellen in gewissen Flüssigkeiten um ein vielfaches ihres Volumens auf, ohne ihre regelmässige Gestalt zu verlieren.

3) Diese Imbibitionsfähigkeit bedingt ein Wachsthum durch Intussusception, während die Krystalle durch Apposition wachsen. Letztere Wachsthumsweise ist nämlich aus folgenden Gründen ausgeschlossen: die inneren Theile sind weicher als die äusseren und kleine Krystalloide sind dichter als grosse; es kann also ein grosses Krystalloid nicht durch Auflagerung an der Oberfläche eines kleinen entstehen. Ferner sind die Krystalloide von einer festen gegen Reagentien resistenten Membran umgeben; Auflagerung an der Oberfläche würde das Vergraben der Membran hervorbringen, und man müsste nicht nur e i n e äussere Membran, sondern auch noch eine Reihe in einander geschachtelter im Inneren finden. (Ich will hier gleich bemerken, dass eine derartige Membran auch an der Oberfläche der in Pflanzentheilen vorkommenden Krystalle des oxalsauren Kalkes sich befindet, so dass das aus ihrem Vorhandensein gezogene Argument keinen Werth hat[1].) Durch diese Eigenschaften erweisen sich die Krystalloide dagegen als den Stärkekörnern und Zellmembranen sehr ähnlich; Nägeli glaubt daher annehmen zu können, dass sie auch in der Molecularconstitution mit denselben übereinstimmen: «Sie würden «somit aus winzigen krystallähnlichen Molekülen[2] (von «denen jedes aber aus einer grossen Anzahl von Atomen[3] «zusammen gesetzt sein kann) bestehen, welche im tro«ckenen Zustande einander berühren, im befeuchteten aber

[1] Nach Payen, Sachs, Hofmeister, Pfeffer, etc.

[2] Micellen, Nägeli und Schwendener. Das Mikroskop, 2. Aufl., Seite 424.

[3] Chemisches Molecul. Idem, Seite 423.

«durch Schichten von Imbibitionsflüssigkeit getrennt sind. «Diese Annahme wird auch, wie es scheint, durch das «Verhalten der Krystalloide selbst gefördert, denn sie «allein gestattet die Möglichkeit, dass dieselben sich auf «das Doppelte ihrer Durchmesser ausdehnen und dabei «eine vollkommen regelmässige Gestalt behalten[1].»

Die Arbeiten, welche seitdem über die Krystalloide veröffentlicht worden sind, haben ein geringeres allgemeines Interesse; sie werden daher erst in den speciellen Abschnitten dieser Abhandlung näher berücksichtigt; ich werde mich hier mit deren Erwähnung und kurzer Inhaltsangabe begnügen. Das sind im Jahre 1862 die Untersuchungen Nägeli's über die Farbkrystalloide von Solanum americanum[2]; im selben Jahre die Arbeit Cramer's über die Krystalloide der Florideen[3]: Der Verfasser beschreibt farblose und rothe Krystalloide, welche er in den Zellen einiger Florideen aufgefunden hat. Bis 1871 ist, ausser einer kleinen Notiz von Cohn über die Krystalloide der Florideen (vom Jahre 1867)[4], auf diesem Gebiete nichts geleistet worden.

Im Jahre 1871 erschienen Klein's Untersuchungen[5] über die Krystalloide der Florideen und des Pilobolus; die bahnbrechende Arbeit Pfeffer's[6], von 1872, über die Proteinkörner enthält einige Angaben über die Krystalloide; von demselben Jahre ist eine kleine

[1] Loc. cit., Seite 237.

[2] Loc. cit., Seite 243.

[3] Das Rhodospermin. Vierteljahrschrift der Naturf.-Ges. zu Zürich, Bd. VII.

[4] Cohn in Schulze's Archiv für mehr Anatomie, Bd. III, Seite 24.

[5] Klein in Flora, 1871, Seite 161, und Pringsheim's Jahrb. für wiss. Bot., Bd. VIII.

[6] Untersuchungen über die Proteinkörner und die Bedeutung des Asparagins beim Keimen. Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII.

Notiz von Kraus über Krystalloide der Epidermiszellen von Polypodium ireoides[1]; im Jahre 1874 veröffentlichte Prillieux eine Arbeit über die gefärbten Krystalloide der Epidermiszellen von Neottia nidus-avis[2]; die 1875 veröffentlichten Untersuchungen van Tieghem's über die Mucorinen enthalten interessante Angaben über die Krystalloide dieser Pilze[3]. — Von der letzten Zeit sind zwei Arbeiten über die Krystalloide: die eine von Sachsse, die andere von Weyl. Beide haben zwar unsere Kenntniss der Chemie der Krystalloide nicht sehr wesentlich gefördert, mögen jedoch hier etwas näher besprochen werden, so weit sie unseren Gegenstand interessiren, weil ich im Laufe dieser Arbeit nicht mehr Gelegenheit finden würde es zu thun.

Sachsse[4] machte chemische Analysen der nach dem Verfahren von Maschke dargestellten künstlichen Krystalloide und erhielt im Mittel:

C	=	51
H	=	7,25
N	=	18,06
O	=	21,51
P^2O^5	=	0,82
S	=	1,36

Er fand dieselbe Zusammensetzung für einen durch Kohlensäure aus der wässerigen Lösung gefällten Niederschlag.

Da die Identität der nach dieser Methode dargestellten künstlichen Krystalloide mit den natürlichen noch gar

[1] Pringsheim's Jahrb., Bd. VIII, Seite 246.

[2] Sur la coloration et le verdissement du Neottia nidus-avis. Ann. des sc. nat., V, 19.

[3] Van Tieghem, Ann. des sc. nat., VI, 1 (Seite 26).

[4] Sitzungsber. der Naturf.-Ges. zu Leipzig, 13. Juni 1876.

nicht bewiesen ist, so kann die angegebene Zusammensetzung nicht ohne weiteres, wie Sachsse es meint, für letztere gelten. Weyl[1] schliesst aus der Löslichkeit der Krystalloide der Paranuss in einer verdünnten Chlornatriumlösung bei Unlöslichkeit in (kaltem) Wasser auf ihre Angehörigkeit zu den Vitellinen Hoppe-Seyler's; er benutzte diese Löslichkeit um die Substanz der Krystalloide rein zu erhalten: Aus der Lösung wurde dieselbe vermittelst eines Ueberschusses von Kohlensäure und Wasser gefällt, der Vorgang mehrmals wiederholt, sodann das Präparat zur Entfernung von Lecithin in Alkohol von 75-80° digerirt, nachher in Wasser gekocht zur Entfernung der Phosphate; beim Verbrennen der so gereinigten Substanz erhielt er eine gewisse Menge Asche, welche er mechanisch mitgerissenen Beimengungen zuschreibt; als Resultat der Analyse ergab sich:

C = 52,43
H = 7,12
N = 18,1
S = 0,55
O = 21,8

Vor kurzem erschien eine kleine Mittheilung Schmiedeberg's[2] über die Darstellung krystallisirender Mg-, Ca-, Ba- Verbindungen des in den Krystalloiden der Paranuss enthaltenen proteinartigen Körpers; der Verfasser glaubt seine Magnesiaverbindung mit den natürlichen Krystalloiden identificiren zu können. Eingehende Besprechung dieser interessanten Entdeckung wird im letzten Kapitel enthalten sein.

Der Zweck vorliegender Arbeit ist eine vergleichende

[1] Zeitschrift für physiolog. Chemie, Bd. I, Seite 90.
[2] Zeitschrift für physiolog. Chemie, Bd. I, Seite 205.

Untersuchung der morphologischen, anatomischen und physikalischen Eigenschaften der Krystalloide zu versuchen. Der erste Theil behandelt die krystallographischen Eigenschaften und enthält daneben das wesentlichere über die chemischen Reactionen und das Vorkommen; der zweite behandelt die Quellungserscheinungen; der dritte, die innere Structur; der vierte, die Dotterplättchen von Scyllium canicula (als Vergleichobjekt mit den pflanzlichen Krystalloiden); der fünfte endlich behandelt die Eigenschaften der nach dem Verfahren des Hrn. Prof. Schmiedeberg dargestellten künstlichen Krystalloide.

Die Untersuchungen wurden zum Theile im botanischen, zum Theile im mineralogischen Laboratorium hiesiger Universität ausgeführt; meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Professor de Bary und Herrn Professor Groth, spreche ich hier meinen aufrichtigen Dank aus für die Unterstützung, die meine Arbeit bei ihnen fand.

I. Krystallographie.

§ 1. Alle Arbeiten über die Krystalloide enthalten Angaben über die krystallographischen Gestalten derselben; diese Angaben beruhen jedoch zum grössten Theile nur auf mehr oder weniger gerechtfertigten Vermuthungen und sind daher meist von geringem Werthe; die Untersuchung im polarisirten Lichte wurde hie und da ausgeführt, aber oft nur um zu untersuchen ob die Krystalloide, welche man derselben unterwarf, doppelbrechend seien oder nicht, selten um aus den Auslöschungsrichtungen Schlüsse über das Krystallsystem

zu ziehen. Während das Hæmatokrystallin durch V. v. Lang's[1] sorgfältige Untersuchungen krystallographisch so genau bekannt ist wie das bei mikroskopischen Bestimmungen möglich ist, vermissten die pflanzlichen Krystalloide eine derartige Bearbeitung. Nur Nägeli hat es versucht durch Winkelmessungen das Krystallsystem der Krystalloide zu bestimmen; er ist zu keinem sicheren Resultate gekommen, was bei der Unvollkommenheit der Methoden für krystallographische Untersuchungen, zur Zeit wo er seine Arbeit ausführte, erklärlich ist. Die Krystallographie der pflanzlichen Krystalloide ist nämlich durch mehrere Umstände ausserordentlich erschwert; die Kleinheit dieser Gebilde, die Unbeständigkeit ihrer Winkel, die äusserst schwache Doppelbrechung, welche eine optische Untersuchung nur der grösseren erlaubt, endlich und besonders der auffallende Homœomorphismus von Krystalloiden verschiedener Systeme, setzen dem Beobachter oft unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen.

Es ist mir jedoch gelungen, für eine Anzahl Krystalloide, zumal die der Samen, das Krystallsystem, und insofern sie nicht regulär waren, approximativ das Axenverhältniss zu bestimmen. Die Untersuchung wurde mit einem speciell für mikroskopische mineralogische Studien gebauten Mikroskope von Fuess ausgeführt; der Tisch dieses Instrumentes ist drehbar und mit einer Gradeintheilung versehen; das Objekt wird mit dem Tische gedreht, der zu messende Winkel wird vermittelst zweier Schrauben genau centrirt, die Seiten abwechselnd mit einem der beiden Schenkel des in dem Okulare befindlichen Fadenkreuzes zur Deckung gebracht; jede Ablesung wurde 5 bis 10 Mal gemacht; für die Berech-

[1] Sitzungsb. der k. k. Akad. d. W., Bd. 46, II, S. 85.

nung wurde der Mittelwerth aus den Messungen wenigstens zwanzig verschiedener Winkel benutzt. Ein besonderes Gewicht wurde bei der Untersuchung, so weit es möglich war, auf die optischen Eigenschaften gelegt, wie es überhaupt in der Krystallographie, seitdem der Zusammenhang der physikalischen und geometrischen Eigenschaften der Krystalle erkannt worden ist, allgemein geschicht; die optischen Eigenschaften sind in vielen Fällen, schon bei makroskopischer Untersuchung, das sicherste Criterium; ihre Bedeutung für die Bestimmung mikroskopischer Krystalle, deren Winkel nicht genau gemessen werden können, ist womöglich noch grösser, zumal bei den Krystalloiden deren Winkel nicht constant sind.

Es wurde ein grosses Gewicht auf die geometrischen Symmetrieverhältnisse gelegt: die Untersuchung ob in allen Combinationen jede Fläche auch wirklich stets von allen anderen, deren Vorhandensein sie bedingt, begleitet ist, und zwar in gleicher Ausdehnung und von gleicher Beschaffenheit, leistet hier grosse Dienste als Controle der Bestimmung des Krystallsystemes, zumal bei solchen Krystalloiden, die ihrer Kleinheit wegen, bei der höchst schwachen Doppelbrechung, eine optische Untersuchung nicht gestatten, und zwar um so mehr als die meisten der mir bekannten Krystalloide bei rhomboëdrisch hemiëdrischer Ausbildung scheinbar reguläre Symmetrie besitzen.

Diese Symmetrieverhältnisse gewinnen noch dadurch an Bedeutung, dass beinahe sämmtliche Krystalloide, wenn wir einstweilen von den Winkelschwankungen absehen, höchst vollkommen, ja modellartig ausgebildet sind, so dass regelmässige Verschiedenheiten der Flächenausdehnung nicht mit zufälligen zu verwechseln wären;

dabei bilden sie gerne, besonders in den Samen, bei einer geringen Zahl einfacher Formen (ich habe bei keiner Art mehr als drei beobachtet), doch sehr mannigfaltige Combinationen, indem bald die eine, bald die andere Form vorherrschend ist, oder zurücktritt, oder fehlt; es ist leicht einzusehen dass ein Flächencomplex der in allen Fällen vollständig, mit gleicher Entwickelung seiner Flächen, dieselben mögen nur als schmale Abstumpfungen auftreten oder für sich allein die ganze Begrenzung des Krystalles bilden, vorhanden ist, mit grosser Wahrscheinlichkeit, ja in vielen Fällen mit Sicherheit, als einfache Form gedeutet werden kann. Ich muss noch hinzufügen dass die meisten Krystalloide leicht isolirt werden können, so dass man sie beliebig rollen und nach allen Seiten untersuchen kann.

Ich will im folgenden eine vollständige Uebersicht der krystallographischen Eigenschaften der Krystalloide, soweit das nach meinen eigenen Untersuchungen und der vorhandenen Litteratur möglich ist, zu geben versuchen. Den krystallographischen Eigenschaften habe ich die optischen und das Verhalten gegen die wichtigsten Reagentien hinzugefügt.

§ 2. Krystalloide der Samen.

Die Untersuchung der Krystalloide einer sehr grossen Anzahl von Samen ergab, dass deren Krystallformen nur in zwei Systeme gehören, nämlich in die tetraëdrische Hemiëdrie des hexagonalen Systemes und in die rhomboëdrische Hemiëdrie des hexagonalen Systemes; ich sah mich veranlasst die hexagonalen Krystalloide in drei verschiedene Species einzutheilen; alle drei jedoch besitzen

ein ähnliches Axenverhältniss und sind als eine isomorphe Gruppe zu betrachten.

Die hexagonalen und die regulären Krystalloide schliessen einander aus; sie kommen nie zusammen in demselben Samen, auch nie in Samen derselben Pflanzenfamilie vor; auch nahe verwandte Familien haben stets dieselben Krystalloide.

Es ist bekanntlich gar nicht nothwendig dass, wenn die Samen einer Pflanzenart Krystalloide enthalten, dasselbe bei den anderen Arten der Gattung oder Familie der Fall zu sein brauche; als Beispiele mögen die Palmen, die Umbelliferen genannt werden, bei welchen einige Arten krystalloidführend sind, während die Mehrzahl der Krystalloide entbehrt.

Ueber die Art des Auftretens der Krystalloide habe ich den Angaben früherer Autoren nichts hinzuzufügen; der Gegenstand ist von Pfeffer, namentlich, erschöpfend behandelt worden und mag wohl als bekannt vorausgesetzt werden.

Ich werde mich demnach gleich an die specielle Morphologie wenden.

1. Species. — Typus: Musa Hillii.

Geschichtliches. — Die Samen von Musa Hillii, welche ich für diese Untersuchung benutzte, sind durch Ferd. v. Müller Herrn Prof. de Bary nach Strassburg zugeschickt worden; sie wurden zuerst von Herrn Grafen zu Solms-Laubach untersucht, welcher ihre schönen Krystalloide auffand und eingehend erforschte; die von ihm gemachten interessanten Zeichnungen und Notizen hat er mir zur freien Benutzung überlassen, wofür ich ihm hier meine Dankbarkeit ausspreche.

Optisch einaxige Krystalloide hexagonal rhomboëdrischer Symmetrie.

Axenverh.: 1 : 2,1.

Auftretende Formen: R, oR.

Winkel (suppl).	Berechnet.
R (Polkante)	106°,28′
R. oR	67°,41′

Aus dem ebenen Winkel der Combinationskante R. oR mit der Rhomboëdermittelkante = 56°,40′ berechnet.

Dopelbrechung +, sehr schwach.

Verhalten gegen Reagentien: Unlöslich in Wasser, Salzwasser, Ammoniak, verdünnten und concentrirten Säuren, löslich in verdünntem Kali.

Vorkommen: Mit kleinen Stärkekörnern in den Endospermzellen von Musa Hillii und Musa Ensete.

Diese Krystalloide sind gewöhnlich flach tafelförmig nach der Basis, seltener sind die Rhomboëderflächen so entwickelt dass sie dreiseitig sind, die Combination ist dann einem regulären Oktaëder täuschend ähnlich. Die Flächen sind bei Musa Hillii im Allgemeinen eben, die Krystalloide sehr gut ausgebildet; die von Musa Ensete dagegen sind stets krummflächig. Die Krystalloide von Musa Hillii übertreffen an Grösse und Schönheit alle bis jetzt bekannten; sie waren daher ganz besonders zur Prüfung der Angaben Nägeli's über Winkelschwankungen geeignet.

Die möglichen Fehler bei mikroskopischen Beobachtungen sind so bedeutend, dass man, um einen auch nur approximativen Werth für die Berechnung zu gewinnen, das Mittel einer sehr grossen Anzahl Einzelmessungen zu nehmen hat, deren Fehler dadurch ausgeglichen werden; die Aufgabe war aber bei dieser Untersuchung von Winkelschwankungen dadurch viel complicirter, dass jede Einzelmessung von Bedeutung sein sollte und

daher eine möglischst grosse Genauigkeit unentbehrlich war.

Ich suchte mir desshalb möglichst genaue Rechenschaft über die Grösse des höchsten Fehlers bei jeder Messung zu verschaffen.

Manche der Fehlerquellen werden durch Uebung, besonders durch Messung von Krystallen bekannter Winkelgrössen, ferner durch Wiederholen jeder einzelnen Messung mehr oder weniger beseitigt; eine hauptsächliche schwer zu vermeidende Fehlerquelle aber besteht bekanntlich darin, dass die Horizontalität der Fläche, in welcher der zu messende Winkel liegt, nicht genau controlirt werden kann. Ich habe daher den höchsten möglichen dadurch entstehenden Fehler, der für jeden Beobachter natürlich verschieden ausfällt, für den mittleren Durchmesser der Basisflächen der grösseren Krystalloide von Musa berechnet[1]; ich fand für denselben als Maximum 0°,40′ für das Objektiv 9 von Hartnack combinirt mit Ocular 3; dieser Fehler wird jedoch durch Discussion der Ergebnisse und besonders dadurch, dass man sich durch schwaches Drehen der Mikrometerschraube überzeugt, dass die Kanten wirklich zu gleicher Zeit undeutlich werden, sehr vermindert.

Ich habe 30 oder 40 Basisflächen sorgfältig durchgemessen und gebe weiter unten einige Beispiele; für jeden Winkel sind sämmtliche Ablesungen angegeben;

[1] Es wurden unter dem Mikroskope die oberen und unteren Ränder eines Deckgläschens genau bekannter Dicke abwechselnd scharf eingestellt; die dazu nothwendige Drehung der Mikrometerschraube genau bestimmt; sodann wurde der Spielraum, welchen man der Schraube, ohne dass die Schärfe des einen Randes beeinträchtigt werde, geben kann, untersucht; aus diesen Bestimmungen ergab sich zunächst die grösste Dicke der Schichte in welcher eine Linie scharf gesehen wird; daran liess sich auf sehr einfache Weise der grösste mögliche Fehler, welcher dadurch für Winkelbestimmungen entstehen kann, berechnen.

da wo diese Ablesungen innerhalb eines Grades liegen, der Mittelwerth um 2 Grade und mehr von der durch die Symmetrie erforderlichen Grösse abweicht, können wir doch mit grösster Wahrscheinlichkeit eine wirkliche ungesetzmässige Winkelschwankung annehmen.

Die Seiten der Basisfläche sind in den folgenden Beispielen mit den 6 ersten Buchstaben des griechischen Alphabets bezeichnet:

I.

$\alpha\beta$	58 $\frac{3}{4}$ 59 $\frac{3}{4}$ 58 $\frac{3}{4}$ 59 $\frac{1}{4}$ 59 $\frac{1}{2}$ 59 $\frac{1}{4}$	M. 59 $\frac{1}{4}$
$\beta\gamma$	61 64 $\frac{1}{4}$ 60 $\frac{3}{4}$ 61 61 61	M. 61
$\gamma\delta$	58 58 $\frac{1}{4}$ 58 $\frac{1}{2}$ 58 $\frac{1}{4}$ 58 $\frac{1}{4}$ 58 $\frac{1}{4}$	M. 58 $\frac{1}{4}$
$\delta\varepsilon$	60 $\frac{3}{4}$ 61 61 $\frac{1}{2}$ 61 $\frac{1}{4}$ 60 $\frac{1}{2}$ 61 $\frac{1}{4}$ 61 $\frac{1}{2}$ 61 $\frac{1}{4}$	M. 61 $\frac{1}{4}$
$\varepsilon\zeta$	58 58 $\frac{1}{4}$ 57 $\frac{1}{2}$ 58 58 $\frac{3}{4}$	M. 58 $\frac{1}{4}$
$\zeta\alpha$	62 61 $\frac{3}{4}$ 62 $\frac{1}{4}$ 61 $\frac{1}{2}$ 62	M. 61 $\frac{3}{4}$
		359 $\frac{3}{4}$

II [1].

$\alpha\beta$	59 $\frac{1}{4}$ 60 59 $\frac{1}{2}$ 59 $\frac{1}{2}$	M. 59 $\frac{1}{2}$
$\beta\gamma$	60 $\frac{1}{2}$ 61 60 $\frac{3}{4}$ 60 $\frac{2}{3}$ 61	M. 60 $\frac{3}{4}$
$\gamma\delta$	58 57 $\frac{2}{3}$ 57 $\frac{1}{2}$ 57 $\frac{1}{2}$ 57 $\frac{1}{2}$	M. 57 $\frac{1}{2}$
$\delta{}^*\varepsilon$	59 $\frac{1}{2}$ 58 $\frac{3}{4}$ 58 $\frac{3}{4}$ 59 58 $\frac{1}{2}$ 59 59	M. 59
$\varepsilon{}^*\zeta$	62 $\frac{1}{2}$ 61	M. 62
$\zeta\alpha$	61 $\frac{1}{4}$ 60 $\frac{1}{2}$ 61 $\frac{1}{4}$ 61 $\frac{1}{2}$ 61 $\frac{1}{4}$	M. 61
		360

[1] Die mit einem * bezeichneten Winkel hatten unvollkommene Seiten.

III.

α β	58 ¼ 59 ½ 59 ½ 59 ¼ 58 ½ 59	M. 59
β γ	61 60 ¾ 61 ½ 60 ¾ 61 ¼	M. 61
γ δ	59 ¾ 59 ½ 59 59 ¾ 59	M. 59 ½
δ ε	61 ⅓ 61 ½ 61 ¾ 62 ¼ 62 ¼ 62 ¼	M. 62
ε ζ	60 59 ½ 59 ⅔ 59 ¾ 59	M. 59 ½
ζ α	60 60 ½ 60 59 ⅔ 59	M. 59 ¾
		360 ½

IV.

α β	61 61 61 61 60 ¾	M. 61
β γ	62 61 ¾ 61 ¾ 62 61 ½	M. 62
γ δ	56 ½ 56 55 ¼ 55 ½ 55 55	M. 55 ½
δ ε	66 ½ 65 65 66 65 ¼ 64 ¾	M. 65 ½
ζ ε	58 57 ⅔ 57 57 57	M. 57 ¼
ζ α	60 ⅓ 60 ¼ 59 ¾ 60	M. 60
		361 ¼

2. Species. — Typus : Sparganium ramosum.

Litteratur. — Hartig, Der Pflanzenkeim, S. 122. — Trécul, Note sur des cristaux organisés et vivants. (Comptes rendus de l'Ac. des sc., XLVII, p. 255.) — Radlkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper, etc., 1858, S. 57.

Geschichtliches. — Die Krystalloide von Sparganium ramosum sind von Hartig entdeckt worden und als Rhomboëder von ihm erkannt; Radlkofer gab eine vollständigere Beschreibung: nach ihm

sind die Krystalloide von Sparganium sehr wahrscheinlich rhomboëdrich (die Möglichkeit dass sie monosymmetrisch krystallisiren wird nicht ganz ausgeschlossen), schwach und zwar negativ doppelbrechend; das Verhalten gegen Reagentien ist von ihm sorgfältig untersucht worden.

Optisch einaxige Krystalloide hexagonal rhomboëdrischer Symmetrie.

Winkelmessungen konnten wegen der sehr schlechten Ausbildung der Kanten nicht ausgeführt werden, doch konnte festgestellt werden dass der ebene Winkel der Polkanten des Rhomboëders ungefähr 60° beträgt, das Axenverhältniss demnach sehr ähnlich dem der folgenden Species.

Auftretende Formen: R, — ½ R, oR in verschiedenen Verhältnissen der Ausdehnung.

Doppelbrechung: schwach, negativ.

Das Verhalten gegen die hauptsächlichsten Reagentien ist folgendes:

Unlöslich in Wasser, in Ammoniak, in concentr. Kali[1]; löslich in verdünnten und concentrirten Säuren (Essigsäure, Salzsäure, Phosphorsäure), in verdünntem Kali; Salzwasser bedingt eine partielle Auflösung (Vacuolenbildung).

Diese Krystalloide sind meist unregelmässig ausgebildet, mit gebogenen Flächen und Kanten; häufig tragen ihre Flächen Eindrücke, welche von Radlkofer dem Drucke der umgebenden Stärkekörner zugeschrieben werden.

Vorkommen: Endosperm von Sparganium ramosum; nach Trécul enthält dasjenige von Sp. natans ebenfalls Krystalloide.

[1] Als concentrirtes Kali bezeichne ich in dieser Arbeit 10procentiges oder mehr concentrirtes.

3. Species. — Typus: Bertholletia excelsa.

Litteratur. — Hartig, Bot. Zeitung, 1856. — Trécul, Ann. des sc. nat., IV, T. 10, S. 363 sqq. — Nägeli, Botan. Mittheilungen, S. 217. — Dippel, Das Mikroskop, II, S. 29. — Maschke, Bot. Zeit., 1859.

Geschichtliches und Kritik. — Die Krystalloide der Paranuss sind in verschiedene Systeme untergebracht worden: Hartig, ihr Entdecker, und Radlkofer machen sie rhomboëdrisch; Maschke betrachtet sie als regulär und schreibt ihre Doppelbrechung einer Lamellenstructur zu; Dippel bringt sie in das rhombische System unter; Nägeli endlich, der allein von den genannten Autoren eine auf Winkelmessungen beruhende krystallographische Untersuchung gemacht hat, glaubt sie dem monoklinen Systeme zuschreiben zu müssen, ohne jedoch die Möglichkeit dass sie rhomboëdrisch krystallisiren ganz auszuschliessen. Die Gründe die nach ihm für seine Auffassung sprechen, sind folgende:

«1) In den rhomboëderähnlichen Formen ist der spitze Winkel «aller Rhomben etwas grösser als 60°; im trockenen Zustande, in «Glycerin und in Wasser wurde er gewöhnlich von 61-65° gefunden. «Wäre die Form ein wirkliches Rhomboëder, so müssten, wenn sich «dasselbe zum Octaëder abgestumpft hat, die seitlichen Dreiecke «einen Winkel zeigen, der grösser, und zwei die kleiner sind als 60°. «Dies ist nicht der Fall: diese Dreiecke haben constant 2 grössere «und einen kleineren Winkel; es wurde z. B. gefunden:

63°	63° ¼	u.	54° ½
61° ½	62°	u.	57° ½
61°	62°	u.	57°

«2) Das Rhomboëder gibt in drei verschiedenen Stellungen das «gleiche klinorhombische Prisma. Bei den rhomboëderähnlichen «Formen der Crystalloide scheint dies nicht ganz zuzutreffen. Es «gibt ein Prisma dessen Neigungswinkel ungefähr 75° beträgt und «ein zweites bei dem derselbe einige Grade weniger ausmacht.

«3) Wenn die Crystalloide Rhomboëder wären, so müssten bei der «Einwirkung derjenigen Mittel welche die relativen Dimensionen und «die Winkel verändern, diese Veränderungen an den 6 Rhomben-«flächen des Octaëders in gleicher Weise eintreten. Dies scheint

«ebenfalls nicht statt zu haben. Es gibt eine rhombische Fläche, «welche im trockenen Zustande und bei der Befeuchtung mit Wasser «ihren spitzen Winkel von 63-65° kaum verändert, während andere «ihn um 2-4° $\frac{4}{2}$ vergrössern oder verkleinern.

«4) Die Abstumpfungsflächen der Rhomboëderenden sind gleichseitige «Dreiecke. Bei einigen Crystalloiden schien dies ziemlich zuzutreffen, «indem die 3 Winkel der Abstumpfungsflächen wenig von 60° «abweichen. In anderen dagegen differirten diese Winkel deutlich «um 2-6° von einander.»

Er bemerkt jedoch weiter: «Bei der Entscheidung der Frage ob «die Crystalloide der Paranuss rhomboëdrisch oder klinorhombisch «seien, ist noch ein wichtiger Umstand zu berücksichtigen. Die «Crystalloide weichen darin von den Crystallen wesentlich ab, dass «ihre Winkel viel weniger constant sind. Wenn wir an verschiedenen «vollkommen gut entwickelten Crystalloiden, die sich unter gleichen «Verhältnissen (z. B. im Wasser) befinden, die nämlichen Winkel «messen, so finden wir häufig Abweichungen von mehreren Graden. «Ebenso beobachteten wir zuweilen, dass die gegenüber liegenden «Flächen nicht genau parallel sind, sondern gleichfalls um mehrere «Grade differiren. Bei dieser Unbeständigkeit der Winkel könnten «wir auch die Crystallform als rhomboëdrich betrachten; nur würde «dann die Veränderlichkeit noch grösser. Der Vorzug, den die «Annahme der klinorhombischen Gestalt hat, besteht also nur darin, «dass wir dabei die Winkel innerhalb engerer Grenzen variiren «lassen müssen, als wenn wir die Crystalloide dem hexagonalen «Systeme unterwerfen[1].»

Ich kann nun diesen Gründen nicht beitreten; die Unregelmässigkeiten, welche Nägeli als Beweis für monosymmetrische Krystallisation betrachtet, wären selbst bei einem asymmetrischen Krystalle nicht mit den Gesetzen des Aufbaues krystallisirter Körper zu vereinbaren.

Ich will einstweilen die Krystalloide als monosymmetrisch (klinorhombisch) betrachten und dieselben wie Nägeli stellen. Vier Flächen des Rhomboëders werden zu einer prismatischen Form, die ich kurzweg als das Prisma bezeichnen werde, das übrig bleibende Flächenpaar gehört in die Querflächenzone, ich will es als das Hemidoma bezeichnen; wenn das Krystalloid durch Abstumpfung der spitzen Ecken achtflächig wird, so gehören die zwei hinzukommenden

[1] Loc. cit., S. 221.

Flächen ebenfalls der Querflächenzone an; ich werde dieses letztere Flächenpaar als die Basis bezeichnen.

Auf das erste Argument Nägeli's antworte ich: Nur die Flächen des Prismas werden durch die Abstumpfung asymmetrisch, die Flächen des Hemidomas werden sich, wegen der Symmetrie des Systems, in der Hinsicht ganz wie Rhomboëder verhalten; die durch die Combinationskanten ∞P. $\bar{P}\infty$ und oP. $\bar{P}\infty$ gebildeten Winkel müssen einander gleich und kleiner sein als 60°, wenn der spitze Winkel des Hemidomas mehr als 60° beträgt, sonst wird die Fläche nicht mehr symmetrisch, die Annahme des monoklinen Systemes unmöglich.

Auf das zweite: Es gibt alle möglichen Prismen; es gelingt nicht bei zwei verschiedenen Krystalloiden, durch irgend welche Stellung, vollständigen Parallelismus zu bekommen; das ist eine Folge der Unbeständigkeit der Winkel.

Auf das dritte: Es ist a priori nicht gesagt, dass die Quellung eine gesetzmässige sein soll; ein Analogon der Quellung durch Imbibition ist bei Krystallen, nach der bisherigen Umgrenzung, unbekannt. Nägeli hat übrigens Krystalloide gebraucht, die nicht unverändert waren: er spricht selber von saurer Reaction der Flüssigkeit, und eine Spur Säure genügt um Aederungen hervorzurufen. Ich muss hinzufügen dass es unmöglich ist die Winkel der Krystalloide der Paranuss, wegen ihrer Kleinheit, mit einer Genauigkeit von mehr als 1-2 Graden zu messen; ich habe bei stärkeren leichter controlirbaren Quellungen immer, und es scheint bei Nägeli auch der Fall gewesen zu sein, ein mit der hexagonalen Symmetrie übereinstimmendes Verhalten beobachtet, was in einem späteren Kapitel eingehender besprochen wird.

Auf das vierte Argument endlich ist zu antworten: Die dreiseitige Basis muss bei allen Krystalloiden dieselben Winkel haben. Wenn die drei Winkel der Basis bald einander gleich sind, bald stark differiren, so ist dieses ungleiche Verhalten nur ein Beweis, dass wir hier mit ungesetzmässigen Schwankungen zu thun haben, die mit den Gesetzen keines Krystallsystemes zu vereinbaren sind. Die Gründe Nägeli's sprechen ebenso wenig für das monosymmetrische als für irgend ein anderes System; es rühren diese Schwankungen von dem inneren Baue dieser höchst complicirten Körper her.

Die Gründe welche zu der Annahme rhomboëdrisch hexagonaler Krystallisation zwingen, sind:

1) Erstens einmal die optischen Eigenschaften, welche gar nicht unbeständig sind: constant werden die Strahlen, welche in der Richtung der Hauptaxe den Krystall durchlaufen, einfach gebrochen, während die anderen doppelt gebrochen werden, und zwar so, dass die Ebene des extraordinären Strahles der Hauptaxe parallel ist; es wäre höchst merkwürdig dass das auf die Kleinheit des optischen Axenwinkels und auf ein Zusammenfallen der ersten Mittellinie mit der scheinbaren krystallographischen Hauptaxe beruhe, wie es Nägeli als wahrscheinlich annimmt. Die optischen Eigenschaften zeigen sich übrigens 2) mit der krystallographischen Symmetrie (wenn wir einstweilen von den ungesetzmässigen Winkelschwankungen absehen) in Einklang: die Flächen eines jeden Rhomboëders (R und $-\frac{1}{2}$ R) sind von einander durchaus abhängig, sind stets alle sechs in gleicher Ausdehnung vorhanden, mögen sie allein entwickelt oder nur ganz untergeordnet sein; im monosymmetrischen Systeme würden die Flächen des scheinbaren Rhomboëders zwei verschiedenen von einander unabhängigen Krystallformen angehören, dieselben bei der grossen Mannigfaltigkeit der Combinationen unabhängig aufreten, oder, wo sie zusammen vorkommen, sich durch verschiedene Grösse erkennen lassen; 3) die Winkelmessungen führen auch zu demselben Resultate, die Discussion der Messungen gestattet keinen anderen Schluss, als den dass man mit rhomboëdrischen Formen zu thun hat, einmal nämlich weichen die Winkel der Basis wenig von 60° resp. 120° ab, und zwar so, dass die Schwankungen durchaus ungesetzmässig sind, und es lassen sich nicht aus den Messungen der Rhomboëderwinkel Categorien aufstellen. Die krystallographische Charakteristik lautet folgendermassen:

Optisch einaxige Krystalloide hexagonal rhomboëdrischer Symmetrie.

Axenverhältniss : 1 : 2,42.

Supplementwinkel.	Berechnet.
R (Polk.)	$109^{\circ}\ \frac{1}{4}\ c^{a}$
$-\frac{1}{2}$ R (id.)	$89^{\circ}\ \frac{1}{2}$
R : o R	$70^{\circ}\ \frac{1}{3}$
$-\frac{1}{2}$ R : o R	$54^{\circ}\ \frac{1}{3}$

Berechnet aus dem ebenen Winkel der Rhomboëderflächen : 60° $\frac{1}{2}$.

Doppelbrechung sehr schwach, +.

Die wesentlichsten Reactionen sind: Unlöslich in kaltem Wasser, löslich in Wasser von 40-50°, in Salzwasser, Ammoniak, in mässig verdünnten und concentrirten Säuren (Essigsäure, Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure), in verdünntem Kali.

Ich fand wie Nägeli die Winkel der Rhomboëderflächen sehr schwankend; es sind aber hier genaue Messungen, wegen der Kleinheit der Objekte, noch viel schwerer auszuführen als bei Musa; ich werde desswegen auf die von Nägeli angegebenen Beispiele verweisen, und mich mit der Anführung der an der Basisfläche eines tafelförmigen Krystalloides gewonnenen Winkelwerthe begnügen:

$\frac{\alpha}{\beta}$	58 58 $\frac{1}{4}$ 59 $\frac{1}{2}$ 59 $\frac{1}{4}$ 58 $\frac{3}{4}$	M. 58 $\frac{3}{4}$
$\frac{\beta}{\gamma}$	61 60 $\frac{1}{4}$ 60 $\frac{3}{4}$ 60 $\frac{3}{4}$	M. 60 $\frac{3}{4}$
$\frac{\gamma}{\zeta}$	61 $\frac{1}{4}$ 58 $\frac{3}{4}$ 60 60 $\frac{1}{2}$	M. 60
$\frac{\delta}{\varepsilon}$	60 59 $\frac{3}{4}$ 60 $\frac{1}{4}$ 60	M. 60
$\frac{\varepsilon}{\zeta}$	58 $\frac{3}{4}$ 58 $\frac{1}{2}$ 59 59 $\frac{1}{4}$	M. 58 $\frac{3}{4}$ — 59
$\frac{\delta}{\alpha}$	61 61 $\frac{3}{4}$ 60 $\frac{1}{2}$ 60 $\frac{1}{2}$	M. 60 $\frac{3}{4}$
		359 $\frac{1}{4}$

Die Krystalloide dieser Species sind sehr verbreitet: ich fand sie bei folgenden Familien und Arten. (NB. Die Zahl der untersuchten Gattungen und Arten ist eingeklammert; die Speciesnamen sind nur dann angegeben, wo weniger als drei Arten untersucht worden sind oder wo die Krystalloide nur bei einigen wenigen Arten der Familie überhaupt vorkommen.)

Dicotylen Dialypetalen: Papaveraceen (6 Gattungen, 8 Arten), Fumariaceen (2 Gattungen, 3 Arten), Magnolia sp., Aralia nepalensis, Bertholletia excelsa, Echinocactus sp.

Dicotylen Sympetalen: Campanulaceen (5 Gattungen, 7 Arten), Lobelia inflata, L. syphilitica, Menyanthes trifoliata, Villarsia parnassifolia, Labiaten (16 Gattungen, 19 Arten; die Krystalloide dieser Familie sind schlecht ausgebildet und klein, sie fehlen wohl bei einigen Arten, z. B. bei Lamium longiflorum; ob sie bei anderen Lamiumarten vorkommen, wurde nicht untersucht), Scrophulariaceen (8 Gattungen, 8 Arten, schlecht mit Ausnahme von Pentstemon Digitalis), Solaneen (11 Gattungen, 17 Arten), Nolana grandiflora, Primulaceen (3 Gattungen, 8 Arten), Aethusa Cynapium, Adoxa moschatellina, Myristica moschata (?).

Dicotylen Apetalen: Basella? Daphne Mezereum?

Monocotylen: Pistia Stratiotes, Asphodelus luteus, Elaeis guineensis, Cocos nucifera, Cyperaceen (2 Gattungen, 6 Arten).

Gymnospermen: Taxus baccata, Pinus sp.

Die Beschreibung der Krystalloide jeder einzelnen Pflanzenfamilie würde ein sehr geringes Interesse bieten; ich will nur einiges hervorheben: Die Krystalloide sind sehr mannigfach ausgebildet; bald ist R vorherrschend, die Gestalt dann eine spitze; bald ist dieselbe durch Vorherrschen der Basis eine tafelförmige; durch gleichmässige Ausbildung beider Formen entstehen oktaëderähnliche Gestalten. Das Rhomboëder — $\frac{1}{2}$ R scheint bei mehreren Familien zu fehlen, so bei Bertholletia, Lobelia, Gentianeen, Nolana, Primulaceen, Scrophularineen, Aethusa, Aralia, Elaeis, etc.; selbständig ist es selten: so bei Solanum auriculatum, bei Corydalis; es ist einem Würfel zum Verwechseln ähnlich; dass man aber doch nicht mit einem Würfel zu thun hat lehrt die Symmetrie (die Krystalloide, wo diese Form auftritt, sind alle zu klein um optisch untersucht werden zu können): es sind nämlich oft nur zwei gegenüberliegende Ecken abgestumpft (durch Auftreten von oR), ja, das Krystalloid ist nicht selten nach diesen Abstumpfungsflächen tafelförmig ohne dass die anderen Ecken abgestumpft seien, oder es sind nur diese sechs anderen Ecken abgestumpft (durch Auftreten von R); wenn alle Ecken des scheinbaren Würfels durch Flächen ersetzt sind lässt sich beinahe stets ein Unterschied in der Grösse der Flächen leicht nachweisen; derartiges ist im regulären Systeme natürlich vollständig unmöglich. Man findet übrigens alle Zwischenformen zwischen Com-

binationen wo — $\frac{1}{2}$ R nur eine schmale Abstumpfung der Kanten von R bildet und solchen wo es vorherrschend ist. Das Rhomboëder R (Grundrhomboëder) ist auch selten für sich allein entwickelt, doch hie und da bei Bertholletia, stets bei Magnolia sp., Aralia nepalensis, Aethusa.

Die Krystalloide dieser Species sind sämmtlich farblos, mit Ausnahme derer von Myristica moschata, welche gelb gefärbt sind; diese zeichnen sich ausserdem durch etwas grössere Resistenz gegen Reagentien aus, was wohl der schützenden Wirkung des eingelagerten Farbstoffes zuzuschreiben ist; auch künstlich gefärbte Krystalloide sind stetz resistenter als die farblosen.

4. Species. — Typus: Ricinus communis.

Litteratur. — Hartig, Bot. Zeitung, 1856. — von Holle, N. Jahrb. für Pharmacie, Bd. X, 1858. — Radlkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper, etc. 1858. S. 61.

Geschichtliches. — Die Krystalloide von Ricinus sind durch Hartig entdeckt worden; die Beschreibungen von v. Holle und Radlkofer beziehen sich hauptsächlich auf das Verhalten gegen Reagentien.

Einfach brechende Krystalloide tetraëdrisch hemiëdrisch regulärer Symmetrie.

Die auftretenden Formen sind:

$$+\frac{O}{2}, -\frac{O}{2}, \infty O \infty$$

in mannigfachen Combinationen.

Zwillinge, vollkommenster Ausbildung, sind eine häufige Escheinung, und zwar: Durchkreuzungszwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche des Würfels, und Appositionszwillinge nach dem Gesetze: Zwillingsebene eine Fläche des Tetraëders. Letztere habe ich mit Sicherheit nur bei holoëdrisch aussehenden Combinationen erkannt.

Die Reactionen sind etwas schwankend, namentlich was das Verhalten gegen Ammoniak und Salzwasser

betrifft; die Krystalloide der Euphorbiaceen, von Menispermum, Ruta, Linum, sind in Ammoniak unlöslich, zerfallen darin aber in eine grosse Anzahl von Splittern; bei Passiflora und Viola scheint dem Zersplittern Auflösung zu folgen. In Salzwasser sind die einen leicht, andere schwer, andere noch, wie es scheint, gar nicht löslich. Sämmtliche sind in verdünnten Säuren und verdünntem Kali löslich.

Die Anzahl der Pflanzensamen, wo ich bis jetzt die Krystalloide dieser Art auffinden konnte, ist keine sehr grosse; gewisse zweifelhafte Fälle werden sie wohl vergrössern.

Die unzweifelhaften sind folgende:

Dicotylen Dialypetalen: Linum usitatissimum, Viola sp., Menispermum canadense, Ruta graveolens.

Sympetalen: Passiflora (3 sp.), Cucurbitaceen?

Apetalen: Euphorbiaceen (Ricinus com., Euphorbia 3 sp.)

Monocotylen. —

Gymnospermen. —

Die schönsten Krystalloide dieser Species sind die längst bekannten des Ricinus communis; diese sind meist sehr deutlich hemiëdrisch ausgebildet, indem das eine Tetraëder oft ganz allein oder mit dem Würfel auftritt; neben diesen Formen kommen aber auch scheinbar holoëdrische vor.

Der Würfel ist in gewissen Varietäten als selbständige Form häufig, fehlt in anderen vollständig. Die Krystalloide der anderen Euphorbiaceen sind meist scheinbar holoëdrisch ($+\frac{O}{2}$ u. $-\frac{O}{2}$ in Gleichgewicht mit oder ohne untergeordnetem $\infty O \infty$).

Schön und ebenfalls sehr deutlich hemiëdrisch sind die Krystalloide von Menispermum canadense; die der Viola- und Passiflora-Samen sind meist scheinbar holoëdrische Combinationen der beiden Tetraëder mit dem Würfel; es sind bei beiden Gattungen sehr oft, und bei Passiflora longifolia beinahe ausschliesslich, Zwillinge nach einer Tetraëderfläche mit sehr verkürzter Zwillingsaxe.

Die Krystalloide einer Anzahl Samen konnte ich nicht bestimmen, z. Th. wegen der grossen Aehnlichkeit der regulären und hexagonalen Combinationen, welche, wie erwähnt, unüberwindliche Schwie-

rigkeiten entgegenstellen kann, häufiger jedoch wegen einer zu schlechten Ausbildung.

Es sind folgende: Valerianella (wohl rhomb.), Ericineen, Parnassia, Begonia, Asarum europæum, Celtis australis und occidentalis, Ulmus, Urtica, Polygaleen, Sesameen, Potentilla. Folgende Samen welche krystalloidführend sein sollen habe ich nicht untersuchen können: Myrica cerifera, Asphodelus fistulosus, Tournefortia, Saussurea, Marica, Casuarina, Morus, Nyssa, Vinca, Sideroxylon spinosum, Myristica sebifera, Typhaceen.

§ 3. Krystalloide der Kartoffel.

Litteratur. — Bailey, American Journal of Science and Arts. New Haven 1845. Bd. 48, S. 17. — Cohn, 37. Jahresbericht der schles. Ges. für vaterl. Cultur. Breslau 1860, und Journal für praktische Chemie, Bd. 80, 1860. — Sorauer, Neue landw. Zeitung 1871. — Sachs, Lehrbuch der Botanik, 1868, S. 50. — Holzner, Flora, 1874, S. 415.

Geschichtliches. — Die Krystalloide der Kartoffel wurden schon im Jahre 1845 durch Bailey beobachtet, derselbe nahm sie aber für Krystalle von phosphorsaurem Kalke. Sie haben im Jahre 1860 durch Cohn, der sie, ohne von der wenig bekannten Entdeckung des amerikanischen Forschers zu wissen, in den stärkearmen Zellen dicht unter dem Korke vieler Kartoffeln auffand und sie nach ihren Eigenschaften als Proteinkrystalle erkannte, eine ausführliche Bearbeitung erfahren. Die Krystalloide sind nach seiner Beschreibung, die ich nur bestätigen kann, in der Regel einzeln (es können jedoch mehr vorkommen) in jeder Zelle, eingehüllt im Protoplasma; bei guter Ausbildung erscheinen die Krystalle in Form von Würfeln; ihre Grösse ist verschieden nach der Lage der Zellschicht, dem Alter der Knolle und der Eigenthümlichkeit der Sorten. Ich konnte die Angaben dieser trefflichen Abhandlung zum grössten Theile nur bestätigen und die Beschreibung nach meinen eigenen Beobachtungen, welche folgt, weicht nur in wenigen Punkten von der Cohn's ab; selbstverständlich werden die Auflösungs- und Quellungserscheinungen, über welche Cohn so wichtige Beobachtungen gemacht hat, nur im zweiten und dritten Theile dieser Arbeit behandelt.

Einfachbrechende Krystalloide regulärer Symmetrie. Krystallform : $\infty O \infty$.

Andere Formen habe ich, trotzdem ich viele hunderte von Krystalloiden aus den verschiedensten Kartoffelvarietäten zu sehen bekam, nie beobachtet. Cohn hat einmal ein Oktaëder gesehen, Sachs erwähnt Tetraëder.

Reactionen. Unlöslich in Wasser, in concentrirtem Kali; löslich in Ammoniak, verdünntem Kali, verdünnten Säuren (Essigsäure, Salzsäure, Phosphorsäure, Schwefelsäure).

Die Winkelmessungen sind zwar wegen der Kleinheit des Objektes schwer mit Genauigkeit auszuführen; durch den Umstand jedoch dass man bei Würfeln etwaige Abweichungen der Horizontalität leicht daran erkennt, dass man die Seitenflächen sieht, wird eine Hauptfehlerquelle beinahe ganz beseitigt. Es mögen daher einige Messungen hier angeführt werden; die vier Seiten der Würfelfläche sind mit den vier ersten Buchstaben des griechischen Alphabets bezeichnet :

1)	$\alpha\beta$	$89\frac{3}{4}$	$\beta\gamma$	$90\frac{1}{2}$	$\gamma\delta$	$89\frac{3}{4}$	$\delta\alpha$	$89\frac{3}{4}$
2)	$\alpha\beta$	90	$\beta\gamma$	$90\frac{1}{4}$	$\gamma\delta$	$89\frac{1}{2}$	$\delta\alpha$	90
3)	$\alpha\beta$	$89\frac{1}{2}$	$\beta\gamma$	$90\frac{1}{2}$	$\gamma\delta$	90	$\delta\alpha$	$89\frac{1}{2}$
4)	$\alpha\beta$	88	$\beta\gamma$	$89\frac{3}{4}$	$\gamma\delta$	90	$\delta\alpha$	$91\frac{3}{4}$

Man sieht daraus dass die Schwankungen der Winkel hier meist gering sind. Abweichungen von 2 Graden wie im vierten Falle sind selten.

Die Krystalloide der Kartoffel sind gewöhnlich sehr regelmässig gleichseitig ausgebildet; man begegnet doch hie und da welchen, die nach einer Hauptaxe mehr oder weniger verlängert sind; So-

rauer glaubte sie desswegen dem tetragonalen Systeme unterordnen zu müssen. Ich brauche wohl kaum zu bemerken dass der Würfel, wie er in der Geometrie definirt wird, mit gleich langen Kanten, bei Krystallen eigentlich nie vorkommt. In der gleichen Dimension der Flächen liegt nicht das Wesen des krystallographischen Würfels; durch die äusseren Umstände bei der Krystallisation werden oft Würfel mit auffallend ungleich grossen Flächen bedingt, wie Jeder es weiss, der je eine Suite von Eisenkies oder Bleiglanz in einer mineralogischen Sammlung besichtigt hat; ja nadelförmige Würfel sind bei dem Kupferoxydule (Rothkupfererz) eine gar nicht seltene Erscheinung.

Einen scheinbar wichtigeren Einwurf gegen die Angehörigkeit unserer Krystalloide zum regulären Systeme hatte Cohn gemacht, der einer Doppelbrechung erwähnt, welche jedoch nur dann sichtbar wäre, wenn die Krystalloide auf den Kanten oder Ecken stehen; beiläufig bemerkt, rechnet Cohn seine Krystalloide nichts desto weniger zum regulären Systeme, wo sie, nach ihm, die Anzahl der schon bekannten doppelbrechenden regulären Krystalle nur um ein Beispiel vermehren. Diese scheinbare Doppelbrechung beruht jedoch nur darauf, dass man durch Kanten und Ecken hindurch nie das Licht ohne Brechung und Reflexion sehen kann; dieses ist aber immer mit Polarisation verbunden. Ich fand die Krystalloide trocken, in Wasser, in Oel stets einfach brechend.

Die Krystalloide der Kartoffel sind meist farblos; man trifft jedoch hie und da, bei rothen Kartoffeln, solche, die den Farbstoff aufgenommen haben und intensiv roth gefärbt sind.

Die Oberfläche ist oft eigenthümlich corrodirt, mit zahlreichen Vertiefungen versehen. Die Vertiefungen haben bisweilen die Gestalt eines Hohlwürfels, meist jedoch sind sie unregelmässig rundlich.

Durch die Güte des Herrn Direktor Göthe bin ich im Stande gewesen Kartoffeln einer grossen Anzahl verschiedener Varietäten zu untersuchen; ganz besonders schön und zahlreich fand ich die Krystalloide in den unter den Namen «Vermont extra early» sowie «Alzeyer blaue» bekannten Varietäten, die desswegen empfohlen werden mögen; als ganz frei von Krystalloiden ergaben sich nur wenige Sorten.

§ 4. Krystalloide von Lathræa squamaria.

Litteratur. — Radlkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper, S. 1.

Die von Radlkofer entdeckten Krystalloide der Lathræa squamaria sind besonders wegen ihres Vorkommens im Zellkerne interessant. Die Zellkerne beinahe aller Zellen enthalten, meist in grosser Anzahl, quadratische, optisch anisotrope Täfelchen von schärfsten Contouren. Radlkofer bezeichnet diese Körper, die er nach ihren Eigenschaften zu seinen Proteinkrystallen rechnet, als Phytocrystallin. Diese Krystalloide sollen, nach Radlkofer, in Wasser löslich sein; da es jedoch unmöglich ist sie zu isoliren ohne dass sie mit dem sauren Zellsafte in Berührung kommen, so ist es höchst wahrscheinlich dass die Auflösung durch denselben bewirkt wird. Die übrigen Reactionen, die Radlkofer angibt, stimmen mit den der meisten Krystalloide überein: Löslichkeit in Lösungen von Alkalisalzen, Ammoniak, verdünntem Kali, Säuren. Unlöslichkeit in Alkohol, conc. Kali. Jod färbt gelb. Ich habe diese Krystalloide nicht selber untersuchen können.

§ 5. Farbkrystalloide von Solanum americanum.

Litteratur. — Nägeli, Botanische Mittheil., 1 Bd., S. 243.

Ich habe bis jetzt diese von Nägeli entdeckten Krystalloide nicht untersuchen können und werde hier, wie für die vorigen, nur ein kurzes Résumé der Angaben ihres Entdeckers geben: Die violettfarbigen Krystalloide liegen einzeln oder zu unregelmässigen Drusen oder auch zwillingsartig verbunden, in dem Fruchtfleische der halbvertrockneten Früchte. Ihre Form ist die eines rhombischen Prismas mit einem Pinakoide; der ebene Winkel der Conbinationskanten Prisma-Pinakoid ist ziemlich schwankend, beträgt im Mittel 120° resp. 60°. Zwillinge nach dem Prisma wurden beobachtet; eine Doppelbrechung war nicht zu erkennen.

Reactionen: Unlöslich in kaltem aber löslich in warmem Wasser, löslich in conc. Essigsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Kali. Die Säuren bewirken eine rothe Färbung, Alkalien eine blaue, Jod färbt braun. Diese Krystalloide haben eine von der der anderen sehr ab-

weichende Zusammensetzung: sie bestehen nach Nägeli aus drei Substanzen: einer geringen Menge quellbaren proteinartigen Stoffes, einer grossen Menge eines nicht quellbaren Stoffes und etwas Farbstoff.

Die Farbstoffkrystalloide der Viola und Orchisblüthen sowie die der Epidermis von Neottia nidus-avis sind zur Zeit zu unvollkommen bekannt um hier berücksichtigt werden zu können. Man kann hierüber vergleichen bei Nägeli, loc. cit., und Prillieux, Sur la coloration et le verdissement du Neottia nidus-avis, Ann. des sc. nat., 5e Série, tome XIX, page 109.

§ 6. Krystalloide von Polypodium ireoides.

Litteratur. — Kraus, Jahrb. für wiss. Bot. Bd. VIII, S., 246.

Geschichtliches. — Diese Krystalloide wurden von Kraus entdeckt; eine krystallographische Untersuchung hat er nicht gemacht, er gibt nur an Oktaëder und Prismen gesehen zu haben.

Die Kleinheit dieser Krystalloide erlaubte mir nicht sichere Aufschlüsse auf ihr Krystallsystem zu gewinnen; ich fand sie in Gestalt ziemlich spitzer hexagonaler Pyramiden; ob sie wirklich dem hexagonalen, oder einem anderen, dem rhombischen Systeme z. B., angehören, konnte ich nicht feststellen. Doppelbrechung war nicht zu erkennen, was bei der Kleinheit dieser Krystalloide verständlich ist.

Ich fand sie, wie Kraus, unlöslich in Wasser, löslich in Ammoniak, Kali, Essigsäure; unlöslich in Salzsäure und Phosphorsäure.

Vorkommen: Epidermiszellen von Polyp. ireoides.

§ 7. Krystalloide der Mucorinen.

Litteratur. — Klein, Jahrb. für wiss. Bot., Bd. VIII, S. 337, und Flora, 1871, S. 161. — Van Tieghem, Ann. d. sc. nat., VIe série, T. I, p. 24.

Geschichtliches. — Diese Krystalloide sind von Klein entdeckt worden, der sie in den Fruchtträgern von Pilobolus auffand, später wies sie van Tieghem in den Fruchthyphen aller Mucorinen nach, ferner in den Zellen in der Nähe der Zygospore, selten hat er sie im Mycelium, und da nur in der Nähe der Sporangienträger und der die Zygosporen bildenden Aeste gefunden. Ausser den Mucorinen soll, nach demselben Forscher, die Ascomycete Dimargaris cristalligena krystalloidführend sein.

Ich habe nur die Krystalloide des Pilobolus cristallinus untersucht; sie stellen achtflächige Gestalten dar, anscheinend reguläre Oktaëder, und werden als solche durch van Tieghem betrachtet; die acht Flächen sind bald gleich gross, so bei Pilobolus; bald, nach van Tieghem, durch Vorherrschen eines Flächenpaares tafelförmig, so bei vielen Mucorinen. Ich konnte eben so wenig wie van Tieghem eine Doppelbrechung constatiren; diese Krystalloide sind aber zu klein als dass bei der höchst schwachen Doppelbrechung der Krystalloide überhaupt dieses Merkmal hier maasgebend wäre.

Reactionen: Unlöslich in Wasser, Salzwasser, verdünnter Salzsäure, löslich in verdünntem Kali. Sie werden nach Klein und van Tieghem durch Schwefelsäure rosenroth gefärbt, was nach letzterem auf einen Gehalt des Zellsaftes an Zucker zurückzuführen wäre.

§ 8. Krystalloide der Florideen.

Litteratur. — Cramer, Das Rhodospermin. Vierteljahrschrift der Naturf.-Ges. in Zürich, Bd. VII, 1862. — Cohn, Schulze's Arch., III. Band, S. 24. — Klein, Flora, 1871, S. 161.

Ich habe bis jetzt keine Gelegenheit gehabt Florideenkrystalloide zu sehen und werde hier nur einen kurzen Auszug aus den genannten Arbeiten geben:

Diese Krystalloide sind von Cramer entdeckt worden, der zwei Arten unterschied: die eine, sein hexagonales Rhodospermin, kommt in den vegetativen und reproductiven Zellen von Bornetia secundiflora, Callithamnion caudatum und Callithamnion seminudum vor. Sie stellt schön roth gefärbte, schwach doppeltbrechende, Täfelchen unbestimmbaren Krystallsystems dar, welche sich durch ihre grosse Resistenz gegen Reagentien auszeichnen: sie sind unlöslich in Wasser, Salzwasser, Alkalien, Säuren; sie werden durch Salzwasser entfärbt, durch Jod gelb gefärbt. Die zweite Art, das oktaëdrische Rhodospermin, stellt farblose oktaëdrische Krystalloide dar, die sich gegen Reagentien im wesentlichen wie die vorigen verhalten. Bei diesen Krystalloiden dürfte die grosse Beständigkeit durch Coagulation zu erklären sein, da sie aus in Kochsalzlösung aufbewahrten Exemplaren stammten.

Klein hat in Herbariumexemplaren einiger Florideen: Griffithsia barbata, Gr. neapolitana, Gongroceras pellucidum, ebenfalls in dem von Cramer erwähnten Callithamnion seminudum, Proteinkrystalloide aufgefunden; dieselben waren aber sämmtlich farblos. Klein glaubt zwei Arten unterscheiden zu müssen. Hingegen hat Cohn roth gefärbte Krystalle (ob dieselben Krystalloide sind wurde nicht untersucht) in einem Glycerinpräparate gefunden und zwar sowohl im Inneren der Zellen als auch in dem umgebenden Glycerin: da konnten sie nur nachträglich entstanden sein, und es ist nach ihm und Klein wahrscheinlich dass es sich mit Cramer's hexagonalem Rhodospermin, das in frischen Algen nie gefunden wurde, ebenso verhält. Cohn hat andererseits in lebenden Exemplaren von Bornetia secundiflora farblose Krystalloide aufgefunden, die wohl mit Cramer's oktaëdrischem Rhodospermin übereinstimmen; Cohn fand dieselben doppelbrechend.

II. Quellungserscheinungen.

§ 1. Gesetze des Aufquellens.

Litteratur. — Cohn, 37. Jahresbericht der schles. Ges. für vaterl. Cultur, 1860. — Radlkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper, 1859. — Nägeli, Bot. Mittheilungen, I, S. 217.

Geschichtliches. — Es ist durch Radlkofer und Cohn zuerst erkannt worden dass die Krystalloide imbibitionsfähig sind; der erstere

hat auf diese Eigenschaft, wie es scheint, kein grosses Gewicht gelegt, während Cohn in derselben einen wichtigen Unterschied von den Krystallen erkannte, wodurch die Proteinkrystalle den organisirten Pflanzentheilen, namentlich den Stärkekörnern, ähnlich werden; es war auch hauptsächlich die Imbibitionsfähigkeit, welche Nägeli zu der Trennung der krystallähnlichen Proteinkörner von den Krystallen veranlasste. Mit der Imbibition ist eine Vermehrung des Volumens verbunden; diese Volumenzunahme ist in reinem Wasser unbedeutend, Zusatz von Säuren oder Alkalien bewirkt dagegen Quellungen der Krystalloide bis auf das drei- oder vierfache ihrer Lineardimensionen; dabei bleiben die Flächen gerade so eben, die Kanten eben so scharf wie vorher. Diese starken Quellungen wurden auch schon von Radlkofer beschrieben; aber erst Nägeli erkannte dass mit dem Aufquellen bedeutende Winkeländerungen verbunden sind, und vermuthete dass es eine Beziehung zwischen der Krystallform und dieser Ungleichheit der Ausdehnung geben könnte; er musste es jedoch dahingestellt lassen, ob das Aufquellen ein regelmässiges oder unregelmässiges sei; er wäre gewiss zu sicherem Aufschlusse darüber gekommen, wenn er die Wirkung sehr schwacher Säuren auf unveränderte Krystalloide untersucht hätte. Die seitdem erschienenen Arbeiten enthalten Angaben über die Quellung der Krystalloide, welche jedoch die Frage nach der Gesetzmässigkeit oder Ungesetzmässigkeit des Aufquellens unberücksichtigt lassen.

Es ist bekannt dass die Ausdehnung eines Krystalles durch die Wärme in bestimmter Beziehung zu seinen übrigen physikalischen Eigenschaften steht; das Aufquellen durch Imbibition ist zwar ein von der Ausdehnung durch die Wärme durchaus verschiedener Vorgang, in beiden Fällen jedoch ist das Resultat eine Vermehrung des Volumens, und wenn das Aufquellen durch Imbibition gesetzmässig sein soll, so muss es nothwendig in seinen Endresultaten mit der Ausdehnung durch die Wärme im wesentlichen übereinstimmen; eine mit der krystallographischen Symmetrie in bestimmter gesetzmässiger Beziehung stehende Vermehrung des Volumens

kann nicht nach anderen Gesetzen als den, welche bei der Ausdehnung der Krystalle durch die Wärme gelten, stattfinden.

Ich glaube desshalb diese Gesetze für die regulären und einaxigen Krystalle welche hier allein in Betracht kommen, kurz angeben zu müssen.

1) Die Ausdehnung durch die Wärme findet bei regulären Krysstallen für alle Linien aller Richtungen in gleichem Verhältnisse statt; der ausgedehnte Krystall ist daher dem nicht ausgedehnten geometrisch ähnlich.

2) Die optisch einaxigen Krystalle sind auch in Bezug auf die Ausdehnung durch die Wärme einaxig; die krystallographische Hauptaxe, Axe der grössten oder kleinsten Elasticität für das Licht, des grössten oder kleinsten Para- oder Diamagnetismus, ist zugleich auch Axe des grössten oder kleinsten Ausdehnungscoëfficienten für die Wärme. — Wo die Hauptaxe Axe des grössten Ausdehnungscoëfficienten ist, nimmt derselbe mit der Neigung ab, und zwar so, dass alle Linien gleicher Neigung denselben Coëfficient haben, und erreicht sein Minimum in den auf die Hauptaxe senkrechten Richtungen. Wenn die Hauptaxe dagegen Axe des kleinsten Ausdehnungscoëfficienten ist, so nimmt derselbe mit der Neigung nach allen Richtungen gleichmässig zu, um in den auf die Hauptaxe senkrechten Richtungen sein Maximum zu erreichen.

Aus dem Gesetze der Ausdehnung für einaxige Krystalle lassen sich folgende Sätze über dessen Folgen für die Gestalt der Krystalle herleiten:

1) Der ausgedehnte Krystall ist dem nicht ausgedehnten geometrisch unähnlich.

2) Die krystallographische Symmetrie ist jedoch dieselbe.

3) Die Flächen welche unter schiefem Winkel die Hauptaxe schneiden erfahren eine Aenderung ihrer Lage, welche für gleichwerthige Flächen die gleiche ist; sie werden nämlich steiler wenn die Richtung der Hauptaxe die des grössten Ausdehnungscoëfficienten ist, weniger steil wenn dieselbe Richtung des kleinsten Ausdehnungscoëfficienten ist; die ebenen Winkel dieser Flächen, sowie die körperlichen Winkel die sie einschliessen, erfahren eine entsprechende Aenderung ihrer Werthe. Parallele Flächen sind nach wie vor der Ausdehnung parallel.

4) Die der Hauptaxe parallelen und senkrechten Flächen erfahren keine Aenderung ihrer Lage, letztere auch keine Aenderung ihrer Gestalt, während die ersten in dem Verhältnisse ihrer Dimensionen Veränderungen unterworfen sind.

Ein gesetzmässiges Aufquellen wird ähnliche Folgen haben.

Wir haben in den grossen tafelförmigen Krystalloiden von Musa Hillii ein vorzügliches Objekt zur Lösung der Frage, ob die zur Hauptaxe senkrechten Linien beim Aufquellen in gleichem Verhältnisse zunehmen, die Basis also keine Aenderung ihrer Gestalt erfährt.

Zu diesem Zwecke ergab sich folgendes Verfahren am geeignetsten: es wurden die Krystalloide zuerst in einen Tropfen Wasser gebracht und nachher ein Tropfen verdünnter Salzsäure hinzugefügt; es wurden die Abstände der parallelen Kanten der hexagonalen Basis vor und nach der Behandlung mit Säure gemessen. (Da es sich hier nur um relative Grössen handelt, so gebe ich die Zahlen wie sie direkt gelesen wurden, in Theilstrichen des Mikrometers.)

	vor.	nach.	auf 1 bez.
1 Kr.	11 ½	30	2,608
	12	31	2,583
	11 ¾	30	2,553
2 Kr.	14	41	2,928
	14	40 ½	2,892
	14	41	2,926
3 Kr.	10	24—25	2,4—2,5
	10	24—25	2,4—2,5
	10	25	2,500
4 Kr.	12	30	2,500
	12 ½	31	2,480
	12	30	2,500

5 Kr.	10	17	1,700
	10	17	1,700
	10	17	1,700
6 Kr.	22 $\frac{1}{4}$	46—47	2,06—2,1
	22	46—47	2,08—2,14
	22	46—47	2,08—2,14

Die Kanten sind eben so gerade, die Flächen so eben wie vorher; eine Veränderung in der Lage der Flächen ist nicht sichtbar, jedoch Winkelmessungen an dem aufgequollenen Krystalloide, wegen dessen ausserordentlicher Durchsichtigkeit, und der Schnelligkeit mit welcher es sich von selbst zusammenzieht, nicht auszuführen.

Es können nur die an einem und demselben Krystalloide gewonnenen Werthe mit einander verglichen werden, da ein kleiner Unterschied in der Concentration der Lösung, wie ein solcher nach der angewandten Methode unvermeidlich war, grosse Unterschiede in der Quellung bewirkt. Das Resultat nun ist unzweifelhaft das, dass die betreffenden Linien in gleichem oder doch nahezu gleichem Verhältnisse zugenommen haben; die Unterschiede liegen innerhalb der Fehlergrenzen.

Das Verhalten von Paranusskrystalloiden ähnlicher Ausbildung bei gleicher Behandlung ist sehr verschieden, führt uns aber zu demselben Schlusse: hier findet auch, wie bei Musa, ein bedeutendes Aufquellen in sehr verdünnter Salzsäure statt, aber die Messung der Durchmesser der Basisfläche oder irgend welcher anderen auf die Hauptaxe senkrechten Linien, ergibt keinen Unterschied zwischen dem bloss durch Wasser imbibirten und dem mit Säure behandelten Krystalloide; es findet keine nachweisbare Quellung in der Richtung der Nebenaxen statt.

Messen wir dagegen eine Rhomboëderfläche vor und nach der Behandlung, so finden wir bedeutende Verän-

derungen: die grosse Diagonale ist wenigstens $1\frac{1}{2}$ Mal so gross geworden, die Ausdehnung hat symmetrisch auf den beiden Seiten derselben mit der Neigung abgenommen, um in der Richtung der kurzen Diagonale null zu werden; die Rhomboëderfläche ist wie vorher ein Rhombus, die etwaigen kleinen Abweichungen des Paralellismus sind nicht grösser geworden. Ich fand z. B. (N. B. Da das Rhomboëder sehr selten für sich allein entwickelt ist, so beziehen sich folgende Messungen auf Combinationen mit der Basis; die für die grosse Diagonale gegebenen Werthe beziehen sich also nur auf einen Theil derselben, nämlich auf die Entfernung des Vereinigungpunktes der Mittelkanten von der Basiskante):

		vor.	nach.	auf 1 bez.
1)	Gr. Diag.	8	12	1,500
	Kl. Diag.	5	5	1,000
2)	Gr. Diag.	10	17	1,700
	Kl. Diag.	6	6	1,000
3)	Gr. Diag.	3	5	1,667
	Kl. Diag.	5	5	1,000
4)	Gr. Diag.	11 $\frac{1}{2}$	19	1,648
	Kl. Diag.	7 $\frac{1}{2}$	7 $\frac{1}{2}$	1,000
5)	Gr. Diag.	12 $\frac{1}{2}$	21	1,680
	Kl. Diag.	8	8	1,000
6)	Gr. Diag.	4 $\frac{1}{2}$	7	1,556
	Kl. Diag.	5	5	1,000

Mit diesem ungleichmässigen Aufquellen sind natürlich sehr grosse Aenderungen der Winkel verbunden; berechnen wir aus dem Mittel der 6 angegebenen Beobachtungen die Grösse der Winkel der Rhomboëderfläche des aufgequollenen Krystalloides, so finden wir: $39° \frac{1}{2}$ für

den ebenen Polkantenwinkel anstatt 60° ½ (direkt 38-39° gemessen); für den körperlichen Polkantenwinkel 64° ca (wahrer Winkel), für die Hauptaxe 4,1 ca, während die Nebenaxen unverändert geblieben sind.

Alle Krystalloide der Paranuss verhalten sich bei gleicher Behandlung gleich (vorausgesetzt, natürlich, dass man mit unverändertem Materiale arbeitet), dieselben mögen dünntafelförmig oder spitzrhomboëdrisch sein; so weit untersucht, verhalten sich alle Krystalloide des Paranusstypus bei ähnlicher Behandlung ähnlich, es werden die scheinbaren Würfel von Solanum auriculatum, bei Behandlung mit sehr verdünnter Säure, zu deutlich schiefwinkligen Gestalten, der ebene Winkel von 90° ½ ist nun gleich 68°, und der Polkantenwinkel von 90° ½ gleich 74° ¼.

Auch die Krystalloide von Musa quellen nach der Hauptaxe stärker auf, als nach den anderen Richtungen. Das Verhältniss ist mit der Concentration der Lösung sehr schwankend; als der Wirklichkeit nahezu entsprechend, kann bei grösster Verschiedenheit die Ausdehnung in der Richtung der Hauptaxe auf das vierfache geschätzt werden, während dieselbe in der auf die Hauptaxe senkrechten Richtungen nur das 2½- bis 3fache beträgt. Die Untersuchung ist bei diesen Krystalloiden durch die Tafelform, welche ein leichtes Umfallen des auf einer Rhomboëderfläche liegenden Krystalloides bedingt, sehr erschwert. Die durch Wasseraufnahme bedingten Volumenänderungen sind also bei sämmtlichen hexagonalen Krystalloiden gesetzmässig.

Die regulären Krystalloide von Ricinus quellen in verdünnter Schwefelsäure auf das 3 bis 4fache ihrer Linear dimensionen auf; dem Aufquellen folgt so schnell Auflösung, dass es mir nicht möglich war Messungen auszuführen; ich kann jedoch als sicher angeben, dass sich

diese Krystalloide der Symmetrie ihres Systemes gemäss verhalten, also die Quellungen nach allen Richtungen gleich stark sind. Denn wäre die Einlagerung von Wasser auch einigermaassen ungleich nach verschiedenen Richtungen, so würde das bei dem sehr starken Aufquellen zu sichtbaren Winkeländerungen führen. Ein etwas geübtes Auge ist ein beinahe so sicheres Instrument als das Goniometer für das Mikroskop, zumal werden kleine Abweichungen in der Nähe von 90° leicht erkannt. Die Würfelflächen, die bei Ricinus oft allein entwickelt sind, können sich auf das 10—15fache ausdehnen, ohne dass sichtbare Winkeländerungen eintreten, während schwaches Aufquellen der würfelähnlichen Krystalloide von Solanum auriculatum, auch für das ungeübte Auge, mit deutlichem Spitzwerden verbunden ist.

Mit der Concentration und der chemischen Natur des Medium ändert sich nicht nur die Intensität der Quellung, sondern es kann auch das Verhältniss ein ganz anderes werden; in allen Fällen jedoch ist das aufgequollene Krystalloid ebenso symmetrisch wie das trockene. Ich fand, z. B., dass die Krystalloide von Solanum auriculatum in etwas weniger verdünnter Säure viel stärker aufquellen, und zwar so, dass die Ungleichwerthigkeit von Haupt- und Nebenaxen viel weniger deutlich hervortritt; Kali bedingt bei den Krystalloiden der Paranuss ein viel stärkeres Aufquellen als dasjenige das durch Säure bewirkt wird, und zwar findet dieses Aufquellen nach allen Richtungen statt, jedoch mit Bevorzugung der Hauptaxe, wie es Nägeli bereits erkannt hat. Die Krystalloide von Musa quellen in einem sauren Medium desto stärker auf, als der Gehalt an Säure kleiner ist, bis zu einem bestimmten Minimum desselben, unter welchem ein Aufquellen gar nicht mehr stattfindet.

Reines Wasser verursacht, wie schon bemerkt, eine verhältnissmässig schwache Volumenzunahme, die nur bei den grossen Tafeln von Musa mit dem Mikrometer erkennbar wird. Da das Aufquellen in Wasser, wegen damit zusammenhängender Erscheinungen, die später besprochen werden, von grösserem Interesse ist, so glaube ich hier einige Beispiele geben zu müssen; es wurden die Abstände der parallelen Kanten vor und nach der Behandlung mit Wasser gemessen:

	vor.	nach.	auf 1 bez.
1) α δ	20	21 ½	1,075
β ε	20	21 ½	1,075
γ ζ	20	21 ½	1,075
2) α δ	15 ½	17	1,097
β ε	15 ¾	17	1,083
γ ζ	15 ½	17	1,097
3) α δ	13	14	1,077
β ε	13	14	1,077
γ ζ	13	14 ¼	1,095

Die Krystalloide von Musa sind so hygroskopisch, dass schon eine feuchte Atmosphäre genügt, um die Quellung und die damit verbundenen Erscheinungen hervorzurufen.

Die mit Wasser imbibirten Krystalloide verlieren dasselbe beim Eintrocknen und kehren auf ihr ursprüngliches Volumen zurück; auch die in saurer oder alkalischer Flüssigkeit stark aufgequollenen Krystalloide können, durch geeignete Behandlung, ihr früheres, oder nahezu ihr früheres Volumen und ihre frühere Gestalt wieder bekommen; bei den in Kali aufgequollenen gelingt es schlecht, sehr gut dagegen im Allgemeinen bei den mit Säure behandelten, letztere kehren (bei Musa) von selbst auf ihre frühere Grösse und Gestalt zurück, beinahe stets

sogleich, wenn man mit viel Wasser auswäscht; bei Musa habe ich sehr gute Resultate bekommen durch stärkeres Ansäuern der Flüssigkeit, nachdem die schwächer saure die Quellung bewirkt hatte; concentrirte Säure bedingt Coagulation und rasches Zusammenziehen.

Ich habe die Winkel der Basisfläche einiger Krystalloide von Musa vor dem Aufquellen und nach der Zusammenziehung verglichen; ich fand z. B.:

1)	vor.	60	60	58 ½	61 ½	58 ¾	61 ½
	nach.	59	—	—	62 ¼	59 ⅓	61
2)	vor.	58 ¾	62	60	60	59 ¾	61 ¾
	nach.	58 ¼	63 ¼	60	60 ⅓	59 ¾	60 ¼
3)	vor.	58 ¾	62	58 ¼	61	60	60 ½
	nach.	58 ½	61	—	—	60 ½	60 ¼

Die Unterschiede zwischen den Winkeln vor und nach der Behandlung, liegen innerhalb der Fehlergrenzen, es ist jedoch nicht unwahrscheinlich, dass bei dem raschen Zusammenziehen kleine Verschiebungen stattgefunden haben werden.

Nach dem Zusammenziehen bleiben die Krystalloide oft ein wenig grösser als sie vorher waren; z. B. (Musatafeln):

		vor.	nach.
1)	α δ	11 ½	12
	β ε	12	12 ¼
	γ ζ	11 ¾	12
2)	α δ	22	24
	β ε	22	24
	γ ζ	22 ¼	24
3)	α δ	18	19
	β ε	18	19
	γ ζ	18	19

Es gelingt nicht mit jedem Reagens regelmässige Quellungen zu gewinnen; ein zu hoher Gehalt an Säure, oder besonders an Kali, bedingt oft eine innere Desorganisation; das aufgequollene Krystalloid ist mehr oder weniger kugelig und kann beim Zusammenziehen auch nicht mehr auf seine frühere Gestalt zurückkehren (Musa)[1].

Wir haben bis jetzt nur das fertig aufgequollene oder zusammengezogene Krystalloid mit dem ungequollenen verglichen; die Art und Weise wie die Quellung vor sich geht, nicht berücksichtigt:

Behandelt man die Krystalloide von Musa Hillii mit sehr verdünnter Säure, so dass das Maximum von Quellung erreicht wird, so beobachtet man, dass das im Aufquellen begriffene Krystalloid eine wunderbare, jedoch durchaus symmetrische, sternartige Form hat; das ist von kurzer Dauer, das aufgequollene Krystalloid ist ebenso ebenflächig wie vorher; bei näherer Untersuchung ergibt sich, dass diese sternartige Gestalt daher rührt, dass das Aufquellen nicht überall mit gleicher Schnelligkeit stattfindet; nämlich sein Maximum von Schnelligkeit hat in den Verbindungslinien gegenüber liegender Ecken; sein Minimum in den Verbindungslinien der Mitte der Flächen besitzt, und zwar wachsen gleichwerthige Linien auch gleich schnell; die schneller wachsenden Linien erreichen früher als die anderen ihre definitive Länge, und die ebenflächige Gestalt wird wiederhergestellt. Das gelingt nur mit sehr verdünnter Säure, bei grösserer Concentration ist die Erscheinung weniger ausgesprochen oder gar nicht mehr sichtbar; etwas ähnliches, jedoch weniger schön, habe ich bei Sparganium beobachtet; bei den anderen Krystalloiden scheint dagegen eine gleichmässige Schnelligkeit der Quellung vorhanden zu sein.

[1] Cf. Nägeli und Schwendener, Das Mikroskop, 2 A., S. 427.

§ 2. Wirkungen der Quellung auf die optischen Eigenschaften.

Ein anisotropes Krystalloid, das in Säure oder Kali aufquillt, verliert seine Doppelbrechung und erhält sie auch durch Neutralisiren der Flüssigkeit nicht wieder, wie es bereits schon von Radlkofer erkannt worden ist.

In reinem Wasser hingegen bleiben die Krystalloide doppelbrechend: das Aufquellen bedingt zwar in gewissen Fällen mehr oder weniger starke Modificationen der optischen Eigenschaften, dieselben dauern jedoch nur so lange, als das Krystalloid imbibirt ist; beim Eintrocknen werden mit dem ursprünglichen Volumen auch die früheren optischen Eigenschaften wiederhergestellt.

Sehen wir uns diese Wirkungen näher an:

1) Die regulären Krystalloide sind im imbibirten Zustande wie im trockenen isotrop: es wird nur der Brechungsexponent ein anderer sein als vor dem Aufquellen.

2) Die optisch einaxigen Krystalloide bleiben einaxig, die Richtungen der Auslöschung bleiben also unverändert, bei den Krystalloiden von Musa und Sparganium hat aber die Doppelbrechung bedeutend zugenommen; bei den ersteren besonders ist die Erscheinung sehr auffallend; während dieselben trocken oder in Oel untersucht, auf dem dunklen Gesichtsfeld zwischen gekreuzten Nicols nur sehr schwach hell erscheinen, leuchten sie nach der Imbibition mit glänzend weisser Farbe, und setzen das Roth einer Quarzplatte, anstatt in violette und orangenrothe Schattirungen, in lebhafte, je nach der Stellung gelbe, weissliche, blaugrüne, grüne Töne um. Wir haben im vorigen Paragraphen gesehen, dass die Krystalloide nicht unmittelbar in Wasser zu liegen brauchen um

imbibirt zu werden, sondern ihre Anziehung zum Wasser so gross ist, dass sie schon in feuchter Luft aufquellen; mit diesem Aufquellen ist natürlich auch hier die Zunahme der Doppelbrechung verbunden, und es ist eine auffallende Erscheinung, wenn man zu einem trockenen Präparate einen Tropfen Wasser hinzugefügt hat, der langsam unter dem Deckgläschen fortschreitet, die Krystalloide in dem durch die Quarzplatte bedingten rothen oder violetten Gesichtsfelde nach einander in lebhaften Farben aufleuchten zu sehen, lange bevor sie mit dem Wasser in Berührung kommen.

Bei den Krystalloiden der Paranuss und anderen ähnlichen, habe ich eine Zunahme der Doppelbrechung nicht gesehen, es schien mir selbst, als ob eine Abnahme stattfände, so dass also hier das Aufquellen die entgegengesetzte Wirkung haben würde; ich konnte das jedoch nicht mit Sicherheit feststellen.

Wir haben in diesen Aenderungen der Doppelbrechung mit der Quellung wiederum eine Erscheinung, die bei der Ausdehnung durch die Wärme ihr Analogon besitzt: hier auch werden die Krystalle in ihren optischen Eigenschaften verändert, ohne dass die optische Symmetrie verändert werde. Die Erscheinungen bei Krystalloiden können jedoch nicht ohne weiteres damit verglichen werden; nähere Untersuchungen, welche namentlich auch die ähnlichen nach Hofmeister[1] bei Zellmembranen vorkommenden Erscheinungen zu berücksichtigen haben werden, werden hoffentlich Licht auf diese Erscheinungen werfen.

Es sei noch bemerkt, dass die Aufspeicherung von Farbstoffen die Doppelbrechung in nichts verändert; Dichroismus scheinen die so gefärbten Krystalloide nicht zu haben.

[1] Lehre von der Pflanzenzelle, Seite 346.

III. Innerer Bau der Krystalloide.

§ 1. Ueber die Differenzirung in Stellen ungleicher Dichtigkeit.

Litteratur. — Cohn, 37. Jahresbericht der Ges. für vaterl. Cultur. Breslau 1860. — Nägeli, Bot. Mittheilungen, S. 217.

Geschichtliches. — Cohn hat zuerst auf die verschiedene Dichtigkeit der äusseren und inneren Theile der Krystalloide aufmerksam gemacht; er ist ebenfalls der erste gewesen, welcher eine Differenzirung der Krystalloide in Schichten beobachtet hätte: er fand nämlich, dass warmes Wasser die Auflösung gewisser Lamellen und des Kernes der Krystalloide der Kartoffel bewirkt, während die anderen Theile coagulirt übrig bleiben. Die Erklärung, welche er von diesen Erscheinungen gibt, ist aber durchaus unrichtig: nach ihm nämlich wären diese Unterschiede der Resistenzfähigkeit mit Wahrscheinlichkeit einer partiellen Coagulation zuzuschreiben; die Coagulation würde nach dem Centrum hin allmälich abnehmen; diese Annahme ist jedoch unmöglich, weil ein Krystalloid von der umgebenden Flüssigkeit vermöge seiner Imbibitionsfähigkeit durchtränkt wird, und daher, wenn es homogen wäre, auch überall auf dieselbe Weise afficirt werden würde; am wenigsten jedoch ist zu begreifen wie die Schichtung auf diese Weise erklärt werden soll: ein ungleiches Verhalten abwechselnder Lamellen kann nur von verschiedener Resistenzfähigkeit gegen Reagentien, also verschiedener physikalischer oder chemischer Beschaffenheit herrühren. Nägeli hat die ungleiche Resistenzfähigkeit der äusseren und inneren Theile der Krystalloide der Paranuss ebenfalls erkannt; eine Schichtung hat er bei denselben nicht beobachtet und glaubte daher annehmen zu können dass die Krystalloide derselben überhaupt entbehren, eine Annahme welche jetzt noch, trotz der Beobachtung von Cohn, allgemeine Geltung hat.

Das Aufquellen eines Krystalloides von Musa in reinem Wasser ist mit einer Differenzirung seiner Substanz in Schichten ungleicher Durchsichtigkeit verbunden; die Schichten sind meist zahlreich, von ungleicher Dicke,

von höchst regelmässigem, den Flächen des Krystalloides parallelem Verlaufe; jede Schichte geht um das ganze Krystalloid herum, bisweilen jedoch trifft man solche, die nur parallel der Basisfläche entwickelt sind. Im Centrum ist ein meist sehr kleiner Kern; in gewissen Fällen ist die Mitte durch eine gekörnelte, vielleicht spongiöse Masse eingenommen, in welcher die Differenzirung in Schichten kaum erkennbar ist; andererseits kann auch die Schichtung auf die Mitte beschränkt sein, während der äussere Theil scheinbar homogen bleibt; überhaupt pflegen die äusseren Schichten breiter und von einander weniger verschieden als die inneren zu sein.

Das Aufquellen in feuchter Luft ist mit derselben Differenzirung begleitet. Beim Eintrocknen verschwindet die Schichtung, um bei Wiederbefeuchten wieder aufzutreten. Ein trockenes Krystalloid bleibt in wasserfreien oder wasserarmen Flüssigkeiten, wie Oel, absolutem Alkohol, concentrirten Säuren, Glycerin, vollständig homogen, bei hinreichendem Wasserzutritte wird die Differenzirung bald sichtbar: dieselbe ist also unzweifelhaft an das Aufquellen in Wasser gebunden. Es ist demnach klar, dass das Krystalloid aus Schichten besteht, die sich gegen Wasser verschieden verhalten; dieser Unterschied kann schon nach dem Gesagten kaum in etwas anderem als in einer ungleichen Quellbarkeit bestehen; weitere Versuche haben das ausser Zweifel gestellt:

1) Wenn die Schichtung auf ungleicher Quellbarkeit beruhen sollte, so mussten, bei etwas stärkerem Aufquellen, die Schichten viel deutlicher werden, deren Zahl sich wohl auch vermehren, indem viele scheinbar homogenen Schichten in der That aus drei oder mehr Lamellen ungleicher Dichtigkeit bestehen, deren Unterschied durch die bei der stärkeren Quellung mehr hervortretende

Ungleichheit der Wasseraufnahme deutlich werden ; das ist bekanntlich bei Stärkekörnern und Zellmembranen der Fall.

2) War ebenfalls aus Analogie mit den bei den Stärkekörnern und Zellmembranen bekannten Erscheinungen zu erwarten, dass bei starkem Aufquellen die Differenzirung unsichtbar werden würde.

Man kann leicht nachweisen, dass es sich bei den Krystalloiden in der That so verhält : wird der Versuch mit nicht zu verdünntem Kali gemacht, so wird, bei bestimmter Concentration, der Unterschied der Schichten ganz erstaunlich erhöht, indem die einen undurchsichtiger, von bläulicher glänzender Farbe sind, also den dichten Schichten der Stärkekörner ähnlich aussehen, während die anderen, wie die weichen Schichten der Stärkekörner, sich nur wenig, manche scheinbar gar nicht von Spalten in ihrer Lichtbrechung unterscheiden. Die Zahl der Schichten ist eine viel grössere geworden, und zwar nehmen dieselben im Allgemeinen von der Peripherie nach der Mitte an Dicke ab. Die äusserste Schichte ist stets eine bläuliche ; nach kurzer Zeit nähern sich die bläulichen Schichten in ihren optischen Eigenschaften immer mehr an die der anderen und der umgebenden Flüssigkeit, und die flüssig gewordene Substanz verschwindet zuletzt. Dieses Verhalten beweist genügend, dass die bläulichen Schichten in der That grössere Dichtigkeit haben.

Eine analoge, jedoch viel weniger auffallende Erscheinung bringt verdünntes Ammoniak, hie und da auch mässig verdünnte Phosphorsäure, hervor.

Starkes Aufquellen in Säuren oder Alkalien ist stets mit dem Verschwinden der Differenzirung begleitet, dieselbe kann aber beim Zusammenziehen wieder auftreten, sie ist jedoch oft sehr verwischt.

Die Krystalloide von Musa sind die einzigen pflanzlichen Ursprunges, bei welchen reines kaltes Wasser die geschichtete Structur hervortreten lässt; bei den anderen sind die Schichten zu wenig von einander verschieden, als dass Behandlung mit reinem Wasser ihre Unterschiede erkennen liesse. Es ist bekannt, dass unter solchen Umständen die scheinbare Homogeneität von Stärkekörnern und Zellmembranen oft durch eine deutliche Differenzirung ersetzt wird, wenn man dieselben stärker aufquellen lässt, ganz aus denselben Gründen welche die Spaltung scheinbar homogener Schichten in mehrere Lamellen ungleicher Dichtigkeit bedingen; auch unterscheiden sich die Schichten durch ihre Löslichkeit und können dadurch sichtbar gemacht werden.

Eine geeignete Behandlung lässt nun in der That die Differenzirung bei vielen in Wasser scheinbar homogenen Krystalloiden erkennen: so namentlich den der Kartoffel, von Sparganium, von Ricinus und anderen regulären, und manchen, aber nicht allen, des Paranusstypus; bei den Krystalloiden der Paranuss habe ich eine Schichtung nicht beobachtet, was denn die Annahme Nägeli's, die Krystalloide entbehren einer derartigen Differenzirung, begreiflich macht.

Sehr schön gelingt es namentlich bei den Krystalloiden der Kartoffel. Behandelt man mit concentrirtem Kali und setzt dann vorsichtig etwas Wasser hinzu, so wird man nach einiger Zeit die Schichten auftreten sehen, dieselben sind meist in geringer Anzahl vorhanden, die äusserste ist stets eine dichte. Die Schichtung tritt auch beim Erwärmen in Wasser (bei 70-80 Graden) auf: sie besteht aber hier nicht in ungleicher Quellung, sondern es sind die weicheren Schichten aufgelöst worden, die festeren coagulirt. Es ist eine bei Krystalloiden häufige Erschei-

nung, dass Reagentien, welche die weichen Schichten aufzulösen vermögen, aber zu schwach sind, um auch die dichten zu verflüssigen, dieselben coaguliren. Die Wirkungen des Glycerins auf die Krystalloide der Kartoffel sind in dieser Hinsicht interessant: je nach geringerem oder grösserem Gehalte an Wasser wirkt dasselbe sehr verschieden: es bedingt vollständige Auflösung von aussen nach innen, oder in der ganzen Masse zugleich, oder zuerst eine Schichtung und dann Auflösung, endlich auch kann es die Coagulation der dichteren Schichten bewirken und nur die weichen Schichten auflösen.

Bei den regulären Krystalloiden des Ricinustypus ist die Anzahl der Schichten eine sehr geringe; man sieht dieselben entweder bei Behandlung mit verdünnten Säuren, am sichersten jedoch durch Behandlung mit concentrirtem Kali und nachheriger Verdünnung; die Quellung ist dabei eine sehr unregelmässige, die Schichtung tritt aber deutlich auf.

Die Krystalloide von Sparganium und die des Typus der Paranuss verhalten sich bei Behandlung mit Kali, denen von Ricinus ähnlich.

Die Differenzirung der Substanz in weichere und dichtere Theile ist nicht auf die Schichtung beschränkt: jede einzelne Schicht nämlich besteht wiederum aus Stellen ungleicher Dichtigkeit. Wenn man ein Krystalloid von Musa mit verdünnter Säure behandelt und dann schnell mit concentrirtem Kali neutralisirt, so wird es zu einem mehr oder weniger dünnwandigen Maschenwerke, das ziemlich die ursprüngliche Gestalt behalten hat; die Oberfläche ist durch Vertiefungen meist hexagonalen Umrisses, welche durch mehr oder weniger breite Leisten von einander getrennt sind, gefeldert; die inneren Va-

cuolen sind rundlich oder häufiger von regelmässig polyedrischer Gestalt. Das Krystalloid besteht demnach aus einem Maschenwerke dichterer Substanz, dessen Hohlräume durch weniger dichte Substanz erfüllt sind: eingehende Untersuchung zeigt, dass dieses Skelett aus den festen Schichten und den dieselben verbindenden Leisten besteht [1].

Eine radiale Streifung der äussersten Schicht kommt bei den Krystalloiden von Musa hie und da vor, sowohl an den frischen als namentlich bei solchen, die nach Behandlung mit verdünnter Säure mit schwach alkalischem Wasser ausgewaschen worden waren; es konnte jedoch nicht vollständig sicher constatirt werden, ob diese Streifen nicht etwa Kanäle sind [2].

Aehnliche Skelettbildungen wie bei den Krystalloiden von Musa, habe ich auch bei denen von Ricinus beobachtet; bei Behandlung mit verdünnten Säuren und nachherigem Neutralisiren, werden die inneren weicheren Schichten bis auf mehr oder weniger schmale Leisten, welche die festen Schichten verbinden, aufgelöst; der äussere Theil und die inneren dichten Schichten erfahren keine derartige Differenzirung.

Auf einen derartigen inneren Bau können wir auch mit Nägeli die Vacuolenbildung bei den Krystalloiden der Paranuss, bei Behandlung mit verdünnten Säuren, zurückführen. Diese Erscheinungen haben bei den Stärkekörnern ihre Analoga, und sind von Nägeli, der sie zuerst beschrieben hat, auf dieselbe Weise erklärt worden.

Es sind noch einige Struktureigenthümlichkeiten zu

[1] Aehnliches hat Nägeli bei den Stärkekörnern gesehen: Die Stärkekörner, Seite 127.

[2] Cfr. Nägeli, Die Stärkekörner, Seite 62 (Tapioka).

besprechen, welche in bestimmtem Zusammenhange mit den Krystallformen der Krystalloide stehen und den Stärkekörnern und Zellmembranen fehlen.

Die Schichten der Krystalloide der Kartoffel sind in den Verbindungslinien der Ecken durch Leisten verbunden: dieselben kreuzen sich in der Mitte, oder gehen nur bis an eine bestimmte innere dichte Schichte; diese Leisten sind überall von gleicher Dichtigkeit, und zwar ist dieselbe, wie es scheint, eine ziemlich grosse, indem sie durch warmes Wasser, Glycerin, oft unangegriffen gelassen werden; man kann sie auch durch Behandlung mit Kali und nachherigem Verdünnen erkennen; sie treten früher und leichter auf als die Schichten.

Eine ähnliche Differenzirung habe ich auch hie und da bei den Krystalloiden von Ricinus gesehen; dieselbe tritt da ebenfalls durch die Wirkung von concentrirtem Kali auf; sie ist weniger einfach als in den Würfeln der Kartoffel, und konnte nicht klar in allen Einzelheiten erkannt werden. Sehr schwach tritt auch bei den Krystalloiden von Musa eine ähnliche Erscheinung, und zwar schon in reinem Wasser, auf; hier sind es dünne Leisten bestimmter, überall gleicher, Dichtigkeit, welche die Ecken verbinden.

Wie bei den Stärkekörnern, nimmt die Dichtigkeit von der Mitte nach der Peripherie zu, so dass, bei der Permeabilität der Krystalloide, die Lösung in sehr schwachen Agentien von der Mitte nach der Peripherie stattfindet.

Als exquisites Beispiel sind die Krystalloide der Kartoffel vor allen anderen zu betrachten, für welche die Erscheinung durch Cohn beschrieben worden ist; die Auflösung in sehr verdünnten Säuren fängt mit der Bildung eines kleinen Hohlwürfels an, derselbe wird immer grösser, bis die äussersten Schichten auch aufgelöst sind;

zu bemerken ist, dass die Kanten des Hohlwürfels schliesslich abgerundet sind; die an den Kanten und Ecken des Krystalloides liegende festere Substanz bleibt denn auch ungelöst übrig. Aehnlich verhalten sich die Krystalloide von Ricinus; es ist bei denselben sehr leicht, mit verdünnten Säuren (Essigsäure, Salzsäure) die centrifugale Auflösung zu beobachten; die dadurch bedingten Erscheinungen sind interessant und verdienen etwas eingehender besprochen zu werden: Bei einem bestimmten hohen Grade der Verdünnung wird das Krystalloid nicht aufgelöst, sondern in seiner ganzen Masse coagulirt; es findet dabei ein Zusammenziehen statt, welches die Bildung eines kleinen mittleren Hohlraumes und von demselben ausgehender radialer Spalten bewirkt[1]; beim Auswaschen verschwindet der Hohlraum sammt den Spalten, aber die Coagulation bleibt bestehen; in etwas weniger verdünnter Säure wird in der Mitte durch Auflösung eine Vacuole gebildet, das übrige coagulirt; bei etwas grösserem Säuregehalt ist die Vacuole grösser, u. s. w., bis denn endlich, bei stärkerem Säuregehalte, alles bis auf den hier ebenfalls resistenten Kantentheil aufgelöst wird; stärkere Lösungsmittel bewirken centripetales Auflösen des ganzen Krystalloides. Essigsäure eignet sich am besten für diese Untersuchungen. In vielen Krystalloiden werden anstatt einer, mehrere Vacuolen gebildet, dadurch dass die festeren der inneren Schichten nicht aufgelöst werden.

Auch bei den Krystalloiden von Bertholletia lässt sich die grössere Löslichkeit der Innenmasse leicht nachweisen, wie Nägeli es bereits gethan hat, durch Behand-

[1] Da bei lufttrockenen Krystalloiden ein solcher Hohlraum nicht vorhanden, so ist anzunehmen, dass, wie bei den Stärkekörnern, das Austrocknen bei gewöhnlicher Temperatur nur einen Theil des Imbibitionswassers entziehen kann.

lung mit verdünnten Säuren, indem dabei eine oder mehrere Vacuolen in der Mitte gebildet werden.

Bei den Krystalloiden von Sparganium und von Musa sind die Unterschiede der äusseren und inneren Theile sehr gering, zumal bei letzteren; es gelingt jedoch bei Anwendung von Kali in höchster Verdünnung auch bei diesen eine centrifugale Zersetzung hervorzubringen.

§ 2. Ueber die Spaltbarkeit der Krystalloide.

In den meisten Arbeiten über die Krystalloide wird einer Spaltbarkeit parallel bestimmten Krystallflächen gedacht; so wird von Cohn angegeben, dass die Krystalloide der Kartoffel bei Beginn der Auflösung häufig parallel einer Würfelfläche in zwei gleiche Hälften zerfallen; ferner erwähnt Radlkofer, dass die Krystalloide von Sparganium oft gestreift erscheinen durch Linien welche einer Spaltbarkeit parallel den Flächen des Rhomboëders und der Basis entsprechen; endlich wird ein ähnliches Verhalten wie für die Krystalloide des Sparganium durch Radlkofer und Nägeli auch für die von der Paranuss angegeben. Diese Theilbarkeit parallel krystallographischen Flächen ist von den genannten Autoren als identisch mit der Spaltbarkeit von Krystallen betrachtet worden.

Ich kann diese Angaben, der Sache nach wenigstens, nur bestätigen, und habe weniges hinzuzufügen; es sei doch erwähnt, dass die Krystalloide von Ricinus parallel den Oktaëderflächen spalten; diese Spaltung tritt wie bei den Krystalloiden der Kartoffel bei Beginn der Auflösung oft auf.

Wenn ich die Spaltbarkeit nicht im krystallographischen Theile besprochen habe, so ist es desswegen, weil ich

doch einige Bedenken tragen würde dieselbe unmittelbar mit der Spaltbarkeit der Krystalle zu identificiren; der innere Bau der Krystalloide ist doch zu verschieden von dem der Krystalle im gewöhnlichen Sinne, um uns ein derartiges Zusammenwerfen äusserlich auch noch so ähnlicher Erscheinungen zu gestatten.

Merkwürdig ist das Verhalten der Krystalloide des Typus der Paranuss: bringt man sie in Wasser gleich nach der Darstellung durch Petroleumäther oder indem man die krystalloidführenden Theile einfach in Wasser zerreibt (Solaneen, Papaveraceen, etc.), so werden sie gar nicht modificirt; lässt man sie dagegen eintrocknen und behandelt sie dann mit Wasser, so zerplittern sie, hauptsächlich parallel der Basis, in eine Menge Stücke; andere Flüssigkeiten als Wasser bringen etwas derartiges nicht hervor. Dieses Verhalten beruht offenbar darauf, dass die Krystalloide beim Eintrocknen ihr Imbibitionswasser verloren haben und das rasche Aufquellen bei Wiederaufnahme desselben die Zerstörung der Cohäsion bewirkt; da die grösste Einlagerung von Wasser in der Richtung der Hauptaxe stattfindet, so müssen die Bruchflächen hauptsächlich senkrecht zu derselben entstehen.

§ 3. Ueber die Zusammensetzung der Krystalloide aus zwei Stoffen.

Litteratur. — Nägeli, Bot. Mittheil., Bd. I, S. 217. — Pfeffer, Unters. über die Proteinkörner, S. 459.

Eine merkwürdige Eigenschaft der Krystalloide besteht nach Nägeli darin, dass dieselben aus zwei verschiedenen nicht chemisch gebundenen Substanzen bestehen; man kann nämlich nach ihm durch Glycerin aus allen Theilen einen Stoff ausziehen und es bleibt ein fester homogener Körper zurück, von der Gestalt des unversehrten Krystalloides, der sich aber in seiner Lichtbrechung kaum von Wasser unterscheidet. — Er vergleicht diese Reaction mit dem Ausziehen der Granulose aus den Stärkekörnern.

Die Farbkrystalloide sollen ebenfalls aus zwei Stoffen bestehen, nämlich $\frac{1}{10}$ ca. einer eiweissartigen Verbindung und $\frac{9}{10}$ einer nicht imbibitionsfähigen Substanz mit etwas Farbstoff.

Pfeffer bestätigt der Sache nach die Angaben Nägeli's über die Wirkung des Glycerins auf die Krystalloide von Bertholletia und gibt ein ähnliches Verhalten für die von Ricinus an. — Seine Deutung ist aber von der Nägeli's verschieden: er vermuthet nämlich dass wir hier mit einer chemischen Spaltung zu thun haben: eines der Spaltungsprodukte würde in Lösung gehen, das andere das Skelett bilden.

Ich meinerseits fand ähnliche Bilder, wie sie Nägeli beschreibt, ebenfalls durch die Einwirkung von Glycerin auf die Paranusskrystalloide entstanden; ausserdem kann ich hinzufügen dass die Vacuolen, welche bei Erwärmen der Kartoffelkrystalloide durch Auflösung der weicheren Schichten entstehen, nicht leer oder flüssigen Inhaltes sind, sondern eine feste sehr schwach lichtbrechende Substanz enthalten, woraus zu schliessen ist, dass auch bei vollständigem Verschwinden der Leisten die Schichten doch unbeweglich sind; Glycerin dagegen kann bei gewissen Graden der Concentration vollständige Verflüssigung der weicheren Schichten bewirken, während die festeren coagulirt übrig bleiben.

Die Erklärung dieser Vorgänge, wie sie Nägeli gegeben hat, scheint mir, wenn auch weniger einfach, doch entschieden wahrscheinlicher als die Pfeffer's: es wäre nämlich unbegreiflich wie ein Spaltungsprodukt, das nur einen so kleinen Theil des Krystalloides bildete, doch ein zusammenhängendes, zartes, aber festes Skelett würde bilden können. Dass aber die beiden Stoffe dem Wesen des Krystalloides angehören, scheint mir wenig wahrscheinlich; die Imbibitionsfähigkeit der Krystalloide macht eine Einlagerung fremder Stoffe denkbar.

IV. Die Dotterplättchen von Scyllium canicula.

Litteratur. — J. Müller, Ueber den glatten Hai des Aristoteles. Abh. der kgl. Ak. der Wiss. zu Berlin, 1840. — Vergl. auch Radlkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper, S. 69.

Geschichtliches. — Radlkofer hat bekanntlich zuerst auf die Aehnlichkeiten der Dotterplättchen mit den pflanzlichen Krystalloiden aufmerksam gemacht; die Dotterplättchen des Karpfens, des Frosches und der Schildkröte sind von ihm einer eingehenden Untersuchung unterworfen worden; diese Gebilde haben nach seinen

Angaben eine regelmässig polyedrische Gestalt und sind doppelbrechend; sie verhalten sich, was Quellbarkeit anbelangt, wie die Aleuronkrystalle. Radlkofer hatte nicht Gelegenheit gehabt die grossen in Wasser unlöslichen Dotterplättchen der Haifische und Rochen zu untersuchen; da ich durch die Güte des Herrn Professor Marion in Marseille in den Besitz von frischen Eiern des Scyllium canicula gekommen bin, so will ich hier, zur Vervollständigung der Angaben Radlkofer's, die Resultate meiner Untersuchungen über die Dotterplättchen dieses Fisches mittheilen; die Beziehungen derselben zu den pflanzlichen Krystalloiden werden ihre Behandlung an dieser Stelle rechtfertigen.

Es würde mich zu weit führen, wenn ich hier die sehr umfangreiche Litteratur über diese Gebilde besprechen wollte; ich kann das um so mehr unterlassen, als Radlkofer eine vollständige kritische Uebersicht derselben gegeben hat; seit Radlkofer ist, glaube ich, nichts wesentliches über die Structur und die physikalischen Eigenschaften der Dotterplättchen erschienen. Ich will nur hervorheben dass die Dotterplättchen der Haifische, sowie die der Rochen und Myxinen, eine eingehende Untersuchung durch J. Müller erfahren haben; nach demselben sind die der Haifische flach tafelförmig, von ovalem, selten rundlichem Umrisse, und mit querlaufenden Linien versehen, welche an die Schichtung von Stärkekörnern erinnern; dieser Vergleich wurde von Radlkofer bestritten, welcher in diesen Linien nur den Ausdruck einer Spaltbarkeit sehen will; solche Spalten kommen nach ihm auch an den von ihm untersuchten Dotterplättchen vor.

Die Dotterplättchen der Haifische sind, wie sie Müller beschreibt, tafelförmige Gebilde von ovalem Umrisse, welche in ihrer Gestalt gar nicht an Krystalle erinnern; sie sind sehr deutlich doppelbrechend, und zwar löschen sie das Licht in allen ihren Theilen gleichzeitig aus, wie Krystalle; im trockenen Zustande besitzen sie nur eine geringe Anzahl von querverlaufenden Absonderungslinien, welche unzweifelhaft Spalten sind; fügt man Wasser hinzu, so werden die Plättchen länger, ohne ihre Breite zu ändern, und die Anzahl der Querstreifen wird sehr

gross; die neu hinzutretenden Streifen sind keine Spalten, welche durch den Einfluss des Wassers entstanden wären, denn sie verschwinden beim Eintrocknen wieder, indem das Plättchen auf seine ursprüngliche Länge zurückkommt; sie treten in wasserfreien Flüssigkeiten nicht wieder auf, hinreichender Wasserzutritt bewirkt aber sofort die Verlängerung und das Auftreten der Linien. Es ist nach dem vorigen unzweifelhaft, dass wir hier, wie Müller es vermuthete, mit einer der Schichtung von Stärkekörnern entsprechenden Differenzirung zu thun haben. — Ausser der querlaufenden Schichtung sieht man bisweilen auch eine concentrische.

Die Plättchen sind löslich in verdünntem Kali und nicht zu verdünnten Säuren; es findet die Auflösung entweder von aussen nach innen statt, oder, bei etwas grösserer Verdünnung, werden die weicheren Schichten zuerst aufgelöst, und das Dotterplättchen zerfällt in eine Anzahl Lamellen, welche in der Flüssigkeit bald verschwinden. Auflösung von innen nach aussen habe ich nie beobachtet.

Höchst interessant ist das Verhalten gegen Säuren in hohem Grade der Verdünnung: die Plättchen verlängern sich auf das 4-5fache, ohne ihre Breite merklich zu ändern, und die Zahl der Schichten wird ausserordentlich vermehrt; dabei zeigt sich ausserdem dass sie mit einer Membran (Niederschlagsmembran?) umgeben sind, welche beim Aufquellen platzt; Auflösung findet bei hinreichender Verdünnung nicht statt.

Die Dotterplättchen des Scyllium sind in Salzwasser löslich; sie coagüliren leicht in Alkohol.

Diese Gebilde unterscheiden sich also durch das Vorhandensein einer querlaufenden Schichtung von den Krystalloiden, wo dieselbe ausschliesslich concentrisch auftritt; dieser Unterschied des Baues wird auch gewiss mit

tiefgreifenden Unterschieden des Wachsthums verknüpft sein.

Bei dieser Gelegenheit will ich eines interessanten, bis jetzt wohl unbekannten Vorkommens von Krystalloiden im Thierreiche erwähnen: in dem Blute von Seidenraupen, welche zu einer Pilzcultur aufgezogen worden waren, fand Herr Graf zu Solms-Laubach zahlreiche farblose Krystalloide. Ich habe Glycerinpräparate durch die Güte des Entdeckers untersuchen können; diese Krystalloide sind denen von Ricinus der Gestalt nach sehr ähnlich; die durch das Glycerin bewirkte Coagulation liess keine andere Aufschlüsse über ihre Natur zu; nur das konnte festgestellt werden, dass diese Gebilde zu den Eiweisskörpern gehören. Es bleibt einstweilen dahingestellt, ob diese Krystalloide ein normaler, oder, was wahrscheinlich ist, pathologischer Bestandtheil der Seidenraupe sind.

V. Die künstlichen Krystalloide.

Litteratur. — Maschke, Bot. Zeit., 1859, S. 441. — Radlkofer, Ueber Krystalle proteinartiger Körper, etc., S. 68. — Nägeli, loc. cit., S. 217. — Sachsse, Sitzungsber. der naturf. Ges. zu Leipzig, 1876. — Schmiedeberg, Zeitschrift für physiol. Chemie, I, S. 205.

Geschichtliches. — Die ersten künstlichen Krystalloide wurden von Maschke dargestellt; er erhielt sie aus einer Lösung der Krystalloide der Paranuss in Wasser durch langsames Abdampfen bei der Auflösungstemperatur, nämlich 40-50° C. Dieselben waren tafelförmig, von undeutlich hexagonaler Gestalt, sehr schwach doppelbrechend; die Seitenflächen waren selten gut ausgebildet; viele Krystalloide waren rundlich oder kugelig. Aus diesem Umstande wollte Nägeli den Schluss ziehen dass die Krystalloide zuerst in Form von Kugeln auftreten, an welchen nur im Laufe der weiteren Entwickelung ebene Flächen sich bilden; Pfeffer aber, der die Krystalloide von Ricinus in ihren jüngsten Entwickelungsstaden gesehen

hat, gibt für dieselben an, dass sie von Anfang an in Krystallform auftreten; ich meinerseits habe Krystalloide unter dem Mikroskope wachsen gesehen und kann für dieselben die Angabe Pfeffer's nur bestätigen. Die Unregelmässigkeit der Krystalloide des Maschke'schen Präparates hatte wohl nur ihre Ursache in den ungünstigen Umständen für ihre Bildung; es waren vielleicht z. Th. Sphärokrystalloide.

Ungefähr gleichzeitig mit Maschke erhielt Radlkofer aus einer Lösung der Dotterplättchen des Karpfens eine krystallisirte oder krystallähnliche Substanz, welche er als identisch mit den Dotterplättchen betrachtet. Auch Sachsse gelang es, nach dem von Maschke angegebenen Verfahren, Krystalloide darzustellen; derselbe fand ausserdem, dass man durch Fällen der Lösung mit Kohlensäure einen mit dem durch Abdampfen erhaltenen identischen Niederschlag erhält. Ich habe nach der Methode Maschke's nur sehr schlechte Resultate bekommen; ich kann dagegen die Angabe, dass der Kohlensäureniederschlag, z. Th. wenigstens, aus Krystalloiden besteht, nur bestätigen; ich fand inmitten einer amorphen, körnigen Masse zahlreiche stumpf dreieckige Täfelchen, welche jedoch zu klein waren um weitere Untersuchung zu gestatten; nur das konnte ich feststellen, dass sie sich in Bezug auf Imbibitionsfähigkeit wie Krystalloide verhalten. Voriges Jahr erschien Schmiedeberg's interessante Mittheilung über krystallisirende Verbindungen des in den Proteinkörnern der Paranuss enthaltenen Eiweisskörpers mit alkalischen Erden; es sind dieselben, welche der Gegenstand dieses Kapitels sind.

Herr Professor Schmiedeberg hat die Güte gehabt, mich bei der Darstellung der von ihm entdeckten krystallisirenden Verbindungen des in den Proteinkörnern der Paranuss enthaltenen eiweissartigen Stoffes mit Magnesium, Calcium, Baryum, zu unterstützen: eine wässerige Lösung der durch Petroleumäther extrahirten amorphen Proteinsubstanz aus Paranüssen wird mit Kohlensäure gefällt; der Niederschlag wird bei 30° oder 40° auf dem Wasserbade erwärmt und dann mit Magnesia behandelt, wobei er aufgelöst wird. Beim Eindampfen der klar filtrirten Flüssigkeit bei derselben Temperatur scheiden sich nach

einigen Stunden die, oft bis Mohnkorngrossen, Krystalloide der Magnesiaverbindung; behandelt man dagegen das Filtrat mit Chlorbaryum oder Chlorcalcium, so scheiden sich beim Erkalten in schönen Krystalloiden die Ca- resp. Ba-verbindungen aus.

Ich bekam diese letzteren besonders in sehr guten Exemplaren; die der Magnesiumverbindung waren weniger schön, gestatteten jedoch einigermassen eine Untersuchung.

Alle drei Verbindungen sind hexagonal rhomboëdrisch hemiëdrisch, mit einander durchaus isomorph, wie aus der analogen Zusammensetzung zu erwarten war, und stimmen in allen rein krystallographischen und optischen Verhältnissen mit den Paranusskrystalloiden überein. Letztere unterscheiden sich jedoch durch viel bedeutendere Quellungsfähigkeit.

Die Krystalloide welche nach dem angegebenen Verfahren dargestellt sind, sind imbibitionsfähig, verdienen also als Krystalloide bezeichnet zu werden; sie quellen in Wasser etwas auf, speichern Jod und Farbstoffe auf, ohne dass die Doppelbrechung merklich modifizirt werde; sehr schwache Lösungsmittel bedingen im Inneren die Bildung von zuerst sehr kleinen, allmälich sich vergrössernden Vacuolen (letzteres sehr schön bei der Einwirkung sehr schwacher Phosphorsäure auf die Baryumverbindung beobachtet).

Ihr Verhalten gegen Reagentien ist folgendes: Löslichkeit in Salzwasser, Ammoniak, verdünnten und concentrirten Säuren, verdünntem Kali. — Sie stimmen in dieser Hinsicht also im wesentlichen mit den Krystalloiden der Paranuss überein. In welcher Beziehung diese künstlichen Krystalloide zu den Krystalloiden der Paranuss stehen, ist für den Augenblick nicht mit Sicherheit zu beantworten; die natürlichen Krystalloide haben mit den

künstlichen eine grosse Analogie, unterscheiden sich aber von denselben, wie schon erwähnt, durch ihre grössere Quellbarkeit; ausserdem sind die Krystalloide der Paranuss in warmem Wasser löslich, während die künstlichen, bei gleicher Behandlung, eine chemische Spaltung in zwei unlösliche Bestandtheile erleiden; die trocken aufbewahrten künstlichen Krystalloide gehen nach einiger Zeit in eine in Wasser lösliche Verbindung über (wenigstens die der Magnesiaverbindung; wie die anderen sich verhalten wurde nicht untersucht), wobei sie zwar scheinbar frisch und ganz durchsichtig bleiben, ihre Doppelbrechung aber spurlos verloren haben, während die natürlichen, nach längerem Aufbewahren, nur etwas schwerer löslich werden; ich habe vor zwanzig Jahren dargestellte Bertholletia-Krystalloide untersucht, die sich kaum, auch in Bezug auf die optischen Eigenschaften, von den frischen unterschieden.

Es ist wahrscheinlich dass wir mit einer isomorphen Reihe zu thun haben, welche einerseits die künstlich dargestellten Magnesium-, Calcium-, und Baryumverbindungen, — andererseits die natürlichen Krystalloide des Bertholletia-, Sparganium-, und Musa-Typus umfasst. Es ist denkbar dass in sehr complicirt gebauten schweren Molekülen, wie die der Eiweisskörper unzweifelhaft sind, sehr verschiedene Elemente einander vertreten können, ohne die Gleichgewichtsverhältnisse der Moleküle so zu ändern, dass sie sich nach wesentlich anderen Krystallisationsgesetzen gruppiren, — so dass die Annahme Weyl's, dass die Krystalloide der Paranuss kein Alkali und keine Erde enthalten, nicht a priori zu verwerfen wäre.

Der Versuch, aus den Proteinkörnern von Ricinus Krystalloide darzustellen, ist mir bis jetzt nur sehr

unvollkommen gelungen; ich erhielt zwar einige schlecht ausgebildeten Krystalloide, welche aber keine nähere Untersuchung gestatteten; festgestellt wurde, dass sie sich mit Jod gelb färben, in Säuren und Alkalien löslich sind. Es ist möglich, dass der zum Entwässern der Samen gebrauchte Alkohol eine Zersetzung hervorgebracht hat.

Aus einer über 60° erwärmten Lösung der Magnesiumkrystalloide erhielt ich einmal, durch Fällen mit Chlorbaryum, reguläre Krystalloide, welche der scheinbar holoëdrischen Combination der beiden gleich entwickelten Tetraëder mit untergeordnetem Würfel, wie sie in den Ricinussamen eine so häufige Erscheinung ist, täuschend ähnlich war; auch stimmten diese Krystalloide in den Reactionen im wesentlichen überein, ausgenommen, dass sie in Salzwasser unlöslich waren.

Diese Beobachtung gibt der Hypothese wohl einige Wahrscheinlichkeit, dass die rhomboëdrischen und regulären Krystalloide nur zwei Modificationen derselben empirischen Verbindung sind, dass wir, in anderen Worten, mit Dimorphismus zu thun haben; für diese Hypothese spricht ausserdem der im ersten Kapitel erwähnte auffallende Homœomorphismus der hexagonalen und regulären Krystalloide, eine Erscheinung, welche bekanntlich bei dimorphen Körpern gewöhnlich ist.

Die Lösung dieser Probleme mag indessen einer hoffentlich nicht zu fernen Zukunft überlassen werden; ich würde den Zweck dieser kleinen Arbeit als vollkommen erreicht betrachten, wenn sie zu neuen Untersuchungen Anlass geben könnte.

Das hauptsächliche theoretische Interesse, welches die Krystalloide bieten, ist, dass im Sinne Nägeli's, organisirt gebaute Körper auch künstlich dargestellt werden können; dass es eine Anzahl Substanzen gibt, deren Moleküle

organisirte Krystalle aufbauen; es ist zweckmässig, letztere von den nicht organisirten Krystallen, unter dem Namen Krystalloide, zu trennen, wie es Nägeli gethan hat; dabei muss man jedoch nicht vergessen dass eine und dieselbe Substanz nicht als Krystalloid und als Krystall auftreten kann: das eine schliesst den anderen natürlich aus.

Zum Schlusse möge noch das wesentlichste über den Bau und die physikalischen Eigenschaften der Krystalloide, soweit dieselben mit Sicherheit festgestellt sind, als Charakteristik der Krystalloide zusammengestellt werden:

1) Die geometrischen Eigenschaften der Krystalloide sind im wesentlichen dieselben wie die der Krystalle, denselben Gesetzen unterworfen, nur mit dem Unterschiede, dass die Winkel etwas schwankend sind. — Die optischen Eigenschaften der Krystalloide stimmen mit denjenigen ächter Krystalle überein. — Wahrscheinlich gilt dasselbe von den thermischen, magnetischen, elektrischen.

2) Die Krystalloide sind organisirt, d. h. sie bestehen aus kleinsten krystallinischen Theilchen (Micellen), welche im trockenen Zustande ohne Zwischenräume an einander liegen, bei Anwesenheit von Wasser sich mit einer flüssigen Hülle umgeben; dieses geschieht natürlich nur nach dem Auseinanderrücken der Micellen; es findet also eine Quellung des Krystalloides statt. — Diese Eigenschaft haben die Krystalloide mit den Stärkekörnern und Zellmembranen gemeinsam.

3) Ebenfalls wie bei Stärkekörnern und Zellmembranen wechselt die Intensität der Quellung mit der Richtung; bei den Krystalloiden ist diese Eigenschaft in Zusammenhang mit der Krystallform: reguläre Krystalloide bleiben bei der Quellung sich selbst ähnlich, einaxige

erleiden eine gesetzmässige Aenderung der Lage ihrer Flächen. Die Quellung kann für verschiedene Linien ungleich schnell sein; dieses geschieht wiederum in bestimmtem Zusammenhange mit der Krystallform. Wenn die Quellung nicht mit einer chemischen Zersetzung verbunden ist, so bedingt sie gesetzmässige Aenderungen der optischen Eigenschaften: die optische Symmetrie wird dabei in nichts verändert; reguläre Krystalloide bleiben isotrop, hexagonale bleiben einaxig.

4) Die Quellung ist nicht an allen Punkten die gleiche, wenigstens für verhältnissmässig schwaches Aufquellen; das imbibirte Krystalloid ist differenzirt in Schichten ungleichen Wassergehaltes; der Wassergehalt nimmt von der Peripherie nach der Mitte zu; da wo der Unterschied sehr schroff ist (Ricinus), kann eine vollständige Wasserentziehung, in Folge der Spannung, zur Bildung eines mittleren Hohlraumes und von Spalten Anlass geben. Mit dem Wassergehalte steigt die Löslichkeit und Zersetzbarkeit; die Schichtung wird oft dadurch deutlicher oder erst sichtbar, dass die weicheren Schichten zuerst verändert oder aufgelöst werden. Die innere Structur des Krystalloides ist immer in bestimmtem Zusammenhange mit der äusseren Form: die Schichten sind den Krystallflächen parallel, der Kern ist von gleichwerthigen Flächen gleich entfernt. Eine Symmetrieebene der Krystallform theilt das Krystalloid also auch in Bezug auf seinen inneren Bau in symmetrische Hälften.

Die Schichtung, die Zunahme des Wassergehaltes von aussen nach innen, haben wiederum die Krystalloide mit den Stärkekörnern gemeinsam; es gibt kaum eine Eigenschaft, welche sich auf diese Structureigenthümlichkeiten bezieht, die nicht ihr Analogon bei den Stärkekörnern hätte.

Inhalt.

I. Krystallographie 10
§ 1. Allgemeines 10
§ 2. Krystalloide der Samen 13
§ 3. Krystalloide der Kartoffel 28
§ 4. Krystalloide von Lathræa squamaria 31
§ 5. Farbkrystalloide von Solanum americanum . . . 31
§ 6. Krystalloide von Polypodium ireoides 32
§ 7. Krystalloide der Mucorinen 32
§ 8. Krystalloide der Florideen 33

II. Quellungserscheinungen 34
§ 1. Gesetze des Aufquellens 34
§ 2. Wirkung der Quellung auf die optischen Eigenschaften 45

III. Innerer Bau der Krystalloide 47
§ 1. Ueber die Differenzirung in Stellen ungleicher Dichtigkeit 47
§ 2. Ueber die Spaltbarkeit der Krystalloide 55
§ 3. Ueber die Zusammensetzung der Krystalloide aus zwei Stoffen. 56

IV. Die Dotterplättchen von Scyllium canicula. 57

V. Die künstlichen Krystalloide 60

Schluss 65